



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공기업정책학 석사 학위논문

전기요금정책이 에너지효율에 미치는 영향 연구

- 전기의 도시가스 수요 대체현상을 중심으로 -

2020년 8월

서울대학교 행정대학원

공기업정책학과

박 수 연

전기요금정책이 에너지효율에 미치는 영향 연구

- 전기의 도시가스 수요 대체현상을 중심으로 -

지도교수 구 민 교

이 논문을 공기업정책학 석사 학위논문으로
제출함

2020년 5월

서울대학교 행정대학원

공기업정책학과

박 수 연

박수연의 석사 학위논문을 인준함

2020년 6월

위 원 장 금 현 섭 (인)

부위원장 김 준 기 (인)

위 원 구 민 교 (인)

국 문 초 록

사용에너지의 절대량을 수입에 의존하고 있는 우리나라에서 에너지효율화는 매우 중요한 정책과제이다. 그러나 한국의 에너지 이용효율은 경제협력개발기구(OECD) 최 하위권에 속한다. 정부가 에너지절약과 에너지효율 향상을 위해 다양한 노력을 하고 있음에도 그 개선효과는 저조한 편이며 에너지효율화를 나타내는 대표적인 지표인 에너지 원단위는 오히려 정체되거나 악화되고 있다.

에너지는 사용과정에서 전환손실이 불가피한데 석탄, 석유, 가스와 같은 1차에너지를 그대로 사용하는 경우와는 달리 최종에너지인 전기로 전환하여 사용하는 경우에는 투입한 1차에너지의 약 40%만 전기로 변환된다. 실제 국가 전체 에너지전환손실 중 약 95%는 전기화 과정에서 발생하고 있는 것으로 파악되어 높은 전기화 현상은 에너지효율 악화의 주범이라고 할 수 있다.

우리나라에서의 전기사용은 2000년부터 2018년까지 연평균 증가율이 4.5%에 이를 정도로 빠르게 증가하고 있으며, 수요 증가의 원인으로는 사용에 있어서의 편리성, 저렴한 가전기기의 보급, 라이프 스타일의 변화 등이 꼽힌다. 그런데 이런 이유들 외에 우리나라 전기요금의 특성도 전기사용을 증가시키는 원인 중의 하나로 지목된다. 우리나라에서는 물가안정과 산업경쟁력을 위해 정책적으로 전기요금이 낮게 유지되어 왔는데 결국 상대적으로 낮은 전기요금은 전기와 경쟁관계에 있는 다른 에너지원의 수요를 전기수요로 대체되도록 함으로써 전기 소비량을 증가시켜 왔으며, 특히 이러한 수요대체 현상은 도시가스와의 관계에서 두드러지고 있다.

에너지전환효율이 낮은 전기소비의 증가는 결국 전기 생산을 위해 더 많은 발전원료를 외국에서 수입해야 하므로 국가적 손실일 뿐만 아니라 기존에 구축되어 있는 1차에너지 공급인프라 외에 전기수요 증가에 대응하기 위하여 추가로 전력설비를 투자해야하므로 중복투자의 비효율도 발생한다.

따라서 본 연구는 ‘상대적으로 낮은 전기요금이 정말로 국가 전체의 에너지효율을 악화시키는가?’ 라는 물음에 답하기 위하여 전기와 가스 간 상대가격 변동이 수요대체를 통하여 국가 에너지효율에 영향을 미치는지 실증분석을 통해 검증해 보고자 하였다. 검증을 위해 가스·전기 상대가격과 에너지전환효율(최종에너지소비/1차에너지공급)을 각각 독립변수와 종속변수로 설정하고, 2003년 1월부터 2018년 12월까지 192개의 월별 시계열자료를 이용하여 회귀분석을 하였다. 기온의 영향이 큰 에너지 수요의 특성을 반영하기 위하여 월별 더미변수를 사용하였으며, 용도별 수요특성의 반영을 위하여 용도별로 분석을 진행하였다.

분석결과 주택용, 일반용, 산업용 모든 용도에서 가스·전기 상대가격은 에너지전환효율에 각각 유의한 영향을 미치는 것으로 나와 전기요금 정책이 국가 에너지효율에 영향을 미칠 것이라는 가설을 검증할 수 있었다. 즉 가스·전기 상대가격이 상승하면 에너지전환효율은 낮아질 것이라는 가설처럼 가스·전기 상대가격과 에너지전환효율은 음의 관계를 가지는 것으로 분석결과가 나왔다.

이상의 실증분석을 통하여 에너지효율은 전기요금 정책에 의해 영향을 받을 수도 있다는 것을 확인하였는데 이는 달리 얘기하면 국가 에너지효율 향상을 위하여 에너지절약, 에너지기기 효율개선 등 기존의 전통적인 방법 외에 전기요금규제라는 정책수단을 통하여 에너지효율을 향상시킬 수도 있다는 의미이다. 따라서 정부는 전기요금 규제 시에 에너지 수급 관리의 관점에서 에너지원간 수요대체 관계뿐만이 아니라 국가 에너지효율 향상의 관점에서 전기화 과정의 에너지 전환효율성도 고려할 필요성이 있다.

주요어 : 전기요금정책, 상대가격(가스/전기), 에너지전환효율

학 번 : 2019-22754

목 차

제 1 장 서론	1
제 1 절 연구의 배경 및 목적	1
제 2 절 연구의 범위 및 방법	5
제 2 장 이론적 논의 및 선행연구	6
제 1 절 이론적 논의	6
1. 공공요금 규제에 관한 이론적 논의	6
2. 에너지 수요에 관한 이론적 논의	13
3. 에너지 효율에 관한 이론적 논의 및 현황	16
제 2 절 선행연구 검토	24
1. 에너지 요금 정책에 관한 선행연구	24
2. 에너지원간 수요대체에 관한 선행연구	27
3. 에너지효율에 관한 선행연구	31
제 3 절 선행연구의 함의 및 연구의 차별성	34
제 3 장 연구 설계	37
제 1 절 연구의 분석틀	37
1. 연구모형	37
2. 연구가설	39
3. 변수설명	40
제 2 절 자료수집 및 분석방법	45
1. 자료수집 및 단위	45
2. 분석방법	48

제 3 절 자료에 대한 설명	48
1. 도시가스 가격 및 전기 가격	48
2. 에너지 전환 효율	52
제 4 장 실증분석	55
제 1 절 주택용 분석결과	55
제 2 절 일반용 분석결과	59
제 3 절 산업용 분석결과	64
제 5 장 결론	69
제 1 절 연구결과 요약	69
제 2 절 시사점 및 한계	74
참고문헌	77
Abstract	80

표 목차

[표 3-1] 수집 대상자료 및 자료출처	46
[표 3-2] 통계분석을 위한 환산단위	47
[표 4-1] 주택용 주요변수 기술통계	55
[표 4-2] 주택용 상대가격의 에너지전환효율 영향 OLS 분석결과	57
[표 4-3] 일반용 주요변수 기술통계	60
[표 4-4] 일반용 상대가격의 에너지전환효율 영향 OLS 분석결과	61
[표 4-5] 산업용 주요변수 기술통계	65
[표 4-6] 산업용 상대가격의 에너지전환효율 영향 OLS 분석결과	66
[표 5-1] 상대가격이 에너지전환효율에 미치는 영향 분석 결과	69
[표 5-2] 계절별 최종에너지 소비량 변화	73

그림 목차

[그림 3-1] 연구 분석틀	38
[그림 3-2] 용도별 전기가격 변화	49
[그림 3-3] 용도별 도시가스 가격 변화	50
[그림 3-4] 용도별 가스·전기 상대가격 변화	50
[그림 3-5] 주택용 가스·전기 상대가격 변화	51
[그림 3-6] 일반용 가스·전기 상대가격 변화	51
[그림 3-7] 산업용 가스·전기 상대가격 변화	51
[그림 3-8] 용도별 전기소비량 변화	52
[그림 3-9] 용도별 도시가스 소비량 변화	53
[그림 3-10] 도시가스 및 전기 소비 변화	53
[그림 3-11] 최종에너지소비 및 1차에너지공급 변화	54
[그림 3-12] 에너지전환효율 변화	54
[그림 4-1] 월별 에너지전환효율 변화(주택용 분석)	58
[그림 4-2] 가스·전기 상대가격 잔차그림(주택용 분석)	59
[그림 4-3] 월별 에너지전환효율 변화(일반용 분석)	63
[그림 4-4] 가스·전기 상대가격 잔차그림(일반용 분석)	63
[그림 4-5] 월별 에너지전환효율 변화(산업용 분석)	67
[그림 4-6] 가스·전기 상대가격 잔차그림(산업용 분석)	68
[그림 5-1] 월별 에너지전환효율 변화(월별더미 계수값)	72

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 배경 및 목적

국가 안보에 있어 국방, 식량, 에너지는 매우 중요한 요소이다. 현재 우리나라의 군사력 순위는 세계 7위권¹⁾이고 식량 자급률은 약 41%²⁾이다. 하지만 2018년 기준으로 에너지는 무려 93.7%³⁾를 수입에 의존하고 있으며 에너지 수입에 소비한 금액만도 약 1,460억 달러에 이른다. 국민의 일상생활과 경제성장에 필수불가결한 에너지의 수급은 매우 중요한 정책과제이기 때문에, 우리 정부는 20년간의 에너지정책의 기본방향을 정하는 에너지기본계획을 5년 주기로 수립하고 있다. 2019년 6월에는 제 3차 에너지기본계획이 최종 확정·발표되기도 하였는데 수요관리를 통한 에너지 소비효율 개선 목표가 5대 중점추진과제 중의 하나로 담겨있다. 즉 정부는 세계적 트렌드에 맞추어 온실가스 감축, 에너지전환 등의 목표 달성을 위하여 에너지효율화를 수요관리의 주요한 정책수단으로 인식하고 여러 정책을 추진하고 있다.

선진국가들 역시 에너지효율화는 중요한 정책과제이다. 일반적으로 경제가 성장할수록 에너지 소비량이 증가하지만 선진국들은 에너지효율 향상을 통하여 이런 고리를 끊었고 에너지효율화 자체를 일종의 새로운 에너지원으로 인식하고 있다. 즉 한 나라의 총 에너지공급량은 석탄, 석유, 원자력, 가스, 신재생에너지 등 다양한 에너지원으로 구성되는데 주요 선진국에서는 ‘에너지효율화(Energy Efficiency : EE)’ 정도를 수치화하여 에너지믹스⁴⁾를 구성하는 에너지원의 하나로 포함시키기도 한다. 우리나라는 사용에너지의 대부분을 수입에 의존하고 있기 때문에 에너지

1) 매년 각국의 군사력 순위를 발표하는 군사력 평가 매체, 미국의 ‘글로벌 파이어 파워 (GFP, Global Firepower) 2019년 발표자료

2) 한국농촌경제연구원이 조사한 2012년 공급열량기준 식량자급률 통계

3) 에너지경제연구원 2019년 발간 『2019 에너지통계연보』

4) 에너지믹스(Energy Mix) : 에너지(energy)와 섞는다는 뜻의 믹스(mix)의 합성어로 다양한 종류의 에너지 공급원을 혼합해 에너지 공급의 효율성을 극대화한다는 의미임

효율화를 어떤 에너지 정책과제 보다도 우선시해야 할 필요가 있다. 그러나 우리나라의 에너지 효율화 개선효과는 저조하여 2000년대 후반부터 에너지효율화를 나타내는 원단위 개선이 정체되거나 악화되고 있다. 매일경제 2019년 6월 30일 기사에 따르면 한국의 에너지 이용효율은 경제협력개발기구(OECD) 최 하위권에 속한다. 한 국가의 전체적인 에너지효율을 나타내는 지표인 에너지원단위⁵⁾는 그 수치가 높을수록 에너지소비가 비효율적이라는 것을 의미하는데 2017년 기준 한국의 에너지원단위는 0.159에 달해 OECD 35개국 중 3번째로 높다. 이는 우리나라와 에너지수급환경이 비슷한 일본의 0.089에 비해서 1.8배이고, 에너지 소비가 많은 미국의 0.123 보다도 1.3배 높으며 OECD 국가 평균치인 0.105보다 50% 이상 더 높은 수치이다.

국가 에너지기본계획에서 에너지효율을 목표로 설정하고 주요 에너지 지표로 에너지원단위를 관리해오고 있음에도 불구하고 우리나라의 에너지효율이 이렇듯 저조한 까닭은 무엇일까?

정부는 2000년대 들어 온실가스·에너지 목표관리제, 에너지절감서비스업체(Energy Saving Company : ESCO)⁶⁾ 제도를 도입하여 시행해 왔고 제3차 에너지기본계획에서는 목표에너지원단위 관리제 및 건물 에너지효율평가제 도입, 에너지효율향상 의무화 제도 법제화 등을 계획하고 있다. 하지만 정부의 에너지효율 향상노력은 에너지절약과 기기나 건물의 에너지효율 개선에 초점이 맞추어져 있고, 다소 백화점식 정책수단의 나열로 보인다는 점에서 과거와 근본적으로 달라진 것 같지 않다. 물론 정부가 계획하고 있는 대로 인센티브나 규제를 통하여 에너지절약을 유도하고 기기나 건물의 효율을 개선하는 것도 중요한 에너지효율 향상 수단이며 잘만 시행된다면 큰 효과가 기대된다. 그러나 본 연구에서는 기존

5) 에너지원단위(Energy Intensity) : 한 국가의 에너지효율성을 나타내는 척도로 GDP당 에너지 소비량으로 표시. GDP 한 단위 생산에 사용하는 에너지 소비량을 의미하며 높을수록 에너지 효율성이 낮음

6) 에너지절약전문기업을 말하는 ESCO는 에너지 사용자를 대신해 에너지절약 시설에 투자하고 이에 따른 에너지 절감액으로 투자비를 회수하는 기업이다. ESCO를 이용할 경우 에너지사용자는 경제적, 기술적 위험 부담 없이 에너지를 절약할 수 있음(한경 경제용어사전)

방식의 정책수단만으로는 한계가 있다고 생각하고 에너지요금정책이라는 시장원리를 통해 에너지효율을 향상할 수 있는 방법은 없는지, 주요 선진국에서 에너지효율화(EE) 정도를 수치화하여 새로운 에너지원으로 인식하는 것처럼 우리도 인식의 전환을 통해 에너지효율을 향상하는 방법은 없는지를 고민해 보았다.

에너지 소비행태를 결정하는 가장 중요한 요인은 역시 가격이다. 소비자는 조금이라도 싸고 질이 좋은, 한마디로 가성비 좋은 제품을 찾는다. 본 연구에서는 전기나 가스 같은 공공요금이 시장원리보다는 정부정책에 의해 영향을 많이 받고 있고 이렇게 결정된 에너지원간 가격차이가 각각의 에너지 수요에 영향을 미쳐 최종적으로는 에너지효율에도 영향을 미칠 수 있을 것이라는 점에 주목하였다.

우리나라에서 에너지가격 차이에 의해 수요대체 현상이 일어나고 있는 대표적인 사례가 낮은 전기요금 정책으로 인해 동절기 가스난방 수요를 전기가 대체하고 있는 현상이다. 정부는 산업용 전기요금을 낮게 책정하여 에너지 다소비가 초래한 낮은 경쟁력을 가격으로 뒷받침해 왔고 주택용 전기요금의 경우도 서민경제 부담을 고려하여 낮은 수준을 유지해 왔다. 이렇게 도시가스 요금에 비해 상대적으로 낮은 전기요금은 전기보조 난방기기 등의 사용을 증가시켜 전기 수요의 증가를 가져왔다. 최종에너지 소비구조에 있어서 전기사용의 비중은 1992년도 10.5%에서 2001년은 14.5%, 2013년에는 19.6%로 정점을 찍었다가 2018년 말에는 19.4%에 달하고 있어 크게 증가하는 추세이다.

전기는 깨끗하고 사용이 편리한 에너지로 소비자들이 선호하고 있다. 하지만 국가경제규모가 커져서 전기사용 규모가 자연적으로 증가하는 것이 아니고 정책적인 이유로 시장에 왜곡된 가격시그널을 전달하여 전기사용이 증가하는 것은 좋은 현상이 아니다. 왜냐하면 1차에너지를 사용하여 만드는 최종에너지인 전기는 효율이 좋지 않은 에너지원이기 때문이다. 일반적으로 에너지는 전환과정에서 손실이 불가피한데 전기를 만들기 위해 석탄, 석유, 천연가스 등 1차에너지를 원료로 투입하면 이 과정에서 1차에너지의 약 40%만 전기로 변환된다.⁷⁾ 실제 통계를 보더라도

우리나라에서 공급되는 1차에너지량 대비 실제 소비자가 최종 소비하는 최종에너지 비율은 2018년 기준 약 76% 정도밖에 되지 않는다. 이는 엄청난 비효율인 동시에 에너지원의 대부분을 수입하는 우리나라 입장에서 전기 생산을 위하여 더 많은 발전원료를 외국에서 수입해야하므로 엄청난 국가적 손실이기도 하다. 또한 기존에 도시가스를 공급하기 위한 인프라가 전국적으로 이미 구축되어 있음에도 불구하고 전기수요 증가에 대응하여 전력설비를 추가로 투자해야하기 때문에 전환손실에 의한 비효율 외에 설비투자에 있어서도 중복투자의 비효율이 발생한다.

본 연구가 무조건 전기수요는 줄이고 1차에너지의 사용은 늘려야 한다고 주장하는 것은 아니다. 난방에 사용하는 전기의 도시가스 대체현상은 에너지 전환효율을 낮추는 대표적인 경우이기에 도시가스요금과 전기요금 디자인에 있어서는 이러한 특성을 적극 고려하여 왜곡된 가격시그널로 인해 초래될 수 있는 왜곡된 소비구조를 개선할 필요성이 있다는 것이다.

본 연구는 최근의 낮은 전기요금 논란⁷⁾과 가스·전기의 상대가격이 수요대체를 유발하는 현상으로부터 이러한 현상이 상대적으로 효율이 낮은 최종에너지인 전기사용을 증가시켜 국가 전체의 에너지효율을 악화시킬 가능성이 있다는 점에 착안하였으며, 이러한 생각을 검증해보기 위하여 난방연료로서 경합관계에 있는 도시가스와 전기 간의 상대가격 변동이 에너지효율에 어느 정도 영향을 미치는지 데이터 분석을 통해 확인해보는 것에 연구의 목적이 있다.

통계분석 결과 유의한 상관관계가 나온다면 본 연구결과는 에너지정책 담당자에게 개별 에너지원별로 정책을 수립할 것이 아니라 경합관계에 있는 에너지원을 종합적, 입체적으로 고려하여 정책을 수립하여야 한다는 시사점을 제공할 것이며, 에너지 효율을 향상하고 에너지원단위를 개

7) 2018년 기준 전체 발전 전력량의 62.3%를 차지하는 화력발전소의 열효율 평균은 발전단에서 40.82%, 송전단에서 38.88%임(『2019 에너지통계연보』)

8) 한전이 공개한 전기요금 원가정보에 따르면 2016년 총괄원가(구입전력비를 포함한 적정원가+적정투자보수)는 총수입(판매량×적용단가) 대비 93.7%, 2017년에는 98.89%, 2018년에는 106.3%로 악화되어 왔음. 단, 용도별 원가회수율은 발표하고 있지 않음

선택할 수 있는 정책수단에는 에너지절약이나 기기효율 개선뿐만 아니라 1차에너지와 최종에너지간의 전환관계를 고려한 에너지요금정책을 사용할 수도 있다는 점을 인식시킬 수 있을 것이다.

제 2 절 연구의 범위 및 방법

본 연구는 에너지 요금정책이 에너지효율에 미치는 영향을 파악하는데 그 목적을 두고 있다. 특히 경쟁관계에 있는 도시가스와 전기 간의 상대적 가격차이 변동이 1차에너지와 최종에너지 사용량에 어떻게 영향을 주어 에너지효율에 영향을 미칠 수 있는지 알아보고자 한다.

연구대상 및 범위로선 선행연구 결과 상대가격에 의한 대체수요 현상이 비교적 뚜렷하다고 증명된 난방용 에너지를 중심으로 살펴보고자 하며 도시가스, 등유, 연탄, 전력 등 여러 가지 동계 난방용 에너지원 중에서도 큰 비중을 차지하는 에너지원인 도시가스와 전기를 대상으로 분석을 수행하고자 한다.

이를 위하여 전기와 도시가스의 월별 가격과 에너지전환효율을 주요 설명변수로 간주하였으며, 전기와 도시가스의 상대가격 변동이 에너지전환효율에 유의미한 영향을 미치는지 실증적 분석을 통해 변수간의 상관관계를 밝히고자 하였다.

자료는 전기와 가스 월별 가격의 경우 국가에너지통계종합정보시스템(KESIS)의 계약종별 전력단가와 한국가스공사의 용도별 도매가격 자료를 사용하였으며, 에너지전환효율은 국가에너지통계 종합정보시스템의 1차에너지공급과 최종에너지소비 자료를 사용하였다.

데이터 수집 대상기간은 전력산업구조개편이 완료되고 전국 천연가스 배관 전국 환상망 구축이 완료된 이후인 2003년 1월부터 2018년 12월까지이며, 16년간 192개의 월별 시계열 자료를 이용하였다.

분석방법으로는 전기와 도시가스의 상대가격 변화가 에너지전환효율에 미치는 영향을 분석하기 위해 Stata 13.0 프로그램을 이용하여 월별 더미에 의한 다중회귀 분석을 하였다.

제 2 장 이론적 논의 및 선행연구

제 1 절 이론적 논의

1. 공공요금 규제에 관한 이론적 논의

1) 공공요금 규제이론

후생경제학에서 시장은 가격을 통해 자원배분의 효율성을 달성할 수 있다는 것을 보여주지만 현실에서는 시장에서 가격기구에 의한 배분이 효율적으로 이루어지지 못하는 경우도 자주 발생한다. 에너지의 생산과 소비과정에서 환경오염물질을 배출함으로써 발생하는 외부효과는 시장을 통한 최적의 자원배분이 달성되지 못하는 대표적 시장실패 사례 중의 하나이다. 또한 전력이나 가스와 같은 네트워크 에너지는 자연 독점적 시장구조를 형성하며 이러한 불완전경쟁은 시장실패의 한 유형으로 시장이 효율적 자원배분을 달성하지 못하게 하는 주요 요인이다⁹⁾.

시장실패로 가격기구가 달성하지 못하는 자원배분의 효율성을 높이기 위하여 정부는 에너지 가격을 규제하거나 조세를 부과한다. 정부가 행하는 많은 종류의 규제정책은 시장실패를 보완하고 효율적으로 자원을 배분하는 방향으로 기업의 행동을 유인하는 것을 목적으로 한다. 특히 자연독점의 형태를 취하고 있는 대부분의 공공서비스 산업의 경우 요금수준 결정과정에서 정부가 개입하여 가격을 통제하는 형식으로 규제가 행하여진다. 최성식(1994)은 공기업의 가격규제 정책 관련 연구에서 전기요금으로 대표될 수 있는 독과점 시장에서의 바람직한 규제의 목적을 다음과 같이 들고 있다¹⁰⁾.

첫째는 자원배분의 효율성이다. 규모의 경제 문제 등 자유로운 사적

9) 정한경·박광수(2010), “시장친화형 에너지 가격체계 구축 종합연구”, 『에너지경제연구원 연구보고서』, 에너지경제연구원, p.1

10) 최성식(1994), “공기업의 가격규제 정책에 관한 연구 : 우리나라 전력요금의 규제정책을 중심으로”, 서울대학교 행정대학원 석사학위논문

경제활동에만 맡길 경우 일어날 수 있는 시장실패에 대한 보완책으로 가격규제를 실시하여 자원 배분의 효율화를 이루는 것이 경제적 규제의 목적이라는 것이다.

둘째는 소득배분의 형평성이다. 자원배분의 효율성은 단지 파레토 최적화를 의미하는데 불과하며 이 경우 자원배분의 공정성 여부는 초기 부존자원에 따라서 좌우되는 등 한마디로 정의할 수 없기 때문에 공기업의 가격정책은 자원배분의 효율성만을 목표로 하지 않는다는 것이다.

셋째는 서비스의 안정적 공급안정성 보장이다. 공기업이 제공하는 재화와 서비스의 공급이 불완전하거나 품질이 보장되지 않을 경우 국민생활에 중대한 영향을 미치고 국가 경제 전체에 충격을 줄 수 있기 때문이다. 결국 공공 에너지 서비스에 있어서 정부 규제의 목적은 시장실패를 보완하여 자원이 효율적으로 배분되도록 하면서도 기본 필수재인 에너지의 특성상 국민의 경제적 후생을 고려하여 공익성이 확보될 수 있도록 하는 것이라고 볼 수 있다.

위와 같은 규제의 목적 하에 구체적으로 네트워크 에너지 요금결정에 있어서는 통상 다음과 같은 3가지 원칙이 적용되고 있다¹¹⁾.

첫째, 원가주의 원칙으로 적정이윤을 포함한 에너지 공급 서비스에 소요된 총비용을 기준으로 요금을 결정하되 적정생산에 대한 효율적 공급비용을 산정하여야 한다는 것이다. 즉 효율적인 사업의 경영 하에 고객에게 양질의 서비스를 제공하기 위해 필요한 공급 원가를 객관적인 기준에 의해서 결정하여야 한다. 원가주의에 의할 경우 수요와 공급에서의 효율성을 기할 수 있을 뿐만 아니라 수용자간의 공평성을 유지하면서 공급자의 자의적인 독점이윤을 방지할 수 있다.

둘째, 공정보수의 원칙으로 이는 피 규제기업의 경영 리스크를 줄이고 자금의 조달을 원활하게하기 위해서는 자금조달에 필요한 적정수준의 투자보수, 즉 타인자본에 대한 배당금, 이자 등의 지불에 필요한 금액을 보장하여야 한다는 것이다. 이를 통해 서비스의 장기 안정적 공급을 보장하여 소비자의 이익을 확보하고 해당 산업의 적정한 발전을 유도하며

11) 최충식(2012), “네트워크 에너지요금 규제가 수요에 미치는 영향 분석“, 서울대학교 행정대학원 석사학위논문, p.7-8

사업자의 기업행위에 대한 공정보수 설정으로 소비자와 사업자간의 공평성을 도모할 수 있다.

셋째, 공평성의 원칙으로 서비스공급자는 독점적 지위를 이용하여 영업정책상 특정한 수요종별이나 고객에 대해 자의적으로 차별적인 요금을 적용할 수 없다는 원칙이다. 네트워크 에너지 요금 결정시 이상의 세가지 원칙을 조합해 보면, 각 수요종별에 따라 적정한 원가배분을 실시하고 이에 근거하여 요금을 객관적으로 결정하며 각 수용가에 대해 이를 무차별적으로 적용함으로써 원가주의를 관철시키고 수용가에 대한 공평의 원칙을 지켜야한다는 의미이다.

네트워크 에너지 시장은 시장실패가 발생하는 대표적 사례로 자원배분의 왜곡으로 인한 사회적 후생의 감소를 막기 위하여 에너지요금에 대해 정부가 개입하는 것에는 대다수가 공감한다. 그러나 정부의 규제가 원래 규제의 목적과 요금 산정 원칙에 맞게 항상 올바른 방향으로 행하여 진 것은 아니다. 우리나라의 경우 공공요금 규제가 지나치게 물가대책이나 산업경쟁력 강화 등의 거시경제 정책수단으로 활용되는 측면이 있다. 특히 발전 원료비 등락을 반영하지 못하는 전기요금으로 인하여 에너지원간 가격왜곡으로 비합리적 에너지 소비구조가 유발되고 있다. 따라서 정부의 공공요금 규제는 시장실패로 인한 비효율성 제거와 사회적 후생 증진의 경우에 행하여 져야 하며 이럴 경우에만 개입의 정당성이 부여되어야 할 것이다.

2) 전기요금 결정방식

전기요금 산정과 관련된 구체적인 기준은 산업통상자원부 고시 “전기요금 산정기준”에 나와 있다. 동 고시의 10조부터 26조까지 17개 조항으로 구성되어 있는데 제10조에서 본 기준의 목적이 “전기사용자의 공정한 이익과 전기사업의 건전한 발전을 도모하기 위하여 적정한 전기요금을 산정함에 있어서 객관적이고 일관성 있는 기준을 정함을 목적으로 한다.”고 규정하고 있다.

고시 제 1조는 전기요금 수준 결정에 있어 “전기요금은 전기공급에

소요된 취득원가 기준에 의한 총괄원가를 보상하는 수준에서 결정하는 것을 원칙으로 하되, 전기사업자의 경영효율성을 제고하기 위한 유인규제 방식을 시행할 수 있다.” 고 규정한다. 또한 총괄원가는 “성실하고 능률적인 경영하에서 전력의 공급에 소요되는 적정원가에 이에 공여하고 있는 진실하고 유효한 자산에 대한 적정투자보수를 가산한 금액으로 한다.” 라고 하고 있으며 유인규제 방식의 경우, “물가상승률과 전기판매 사업자의 생산성 향상 목표 등을 감안하여 조정한다.” 고 규정하고 있다.

고시 제14조 전기요금의 체계에서는 “종별공급원가를 기준으로 전기 사용자의 부담능력, 편익정도, 기타 사회정책적 요인 등을 고려하여 전기사용자간에 부담의 형평이 유지되고 자원이 합리적으로 배분되도록 형성되어야 하며 전기요금은 기본요금과 전력량요금을 원칙으로 하되, 자원의 효율적 배분을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 차등요금, 누진요금 등으로 보완할 수 있다.” 고 규정하고 있다.

전기가격은 전력거래소에서 결정되는 도매가격과 한전이 최종 소비자에게 판매하는 가격인 소매요금으로 구분된다. 전력 도매시장의 가격은 원칙적으로 수요와 공급에 따라 결정되는데, 전기사업법 제33조를 보면 ‘전력시장에서 이루어지는 전력의 거래가격은 시간대별로 전력의 수요와 공급에 따라 결정되는 가격으로 한다.’ 라고 규정되어 있다. 현재 가격은 비용기준(cost based pool : CBP)¹²⁾에 의하여 계통한계가격(system marginal price : SMP)¹³⁾을 결정하는 방식을 채택하고 있다. 전력도매시장인 CBP시장의 가격은 어느 정도 시장의 원칙이 반영되고 있으나, 소매시장인 한전이 판매하는 전기요금은 정부의 직접규제를 받는다¹⁴⁾.

전기요금¹⁵⁾ 규제와 관련된 법조항으로는 전기사업법 제16조(전기의 공

12) 비용반영시장. 전력시장에 참여한 발전기들의 변동비를 기준으로 시장가격을 결정하는 발전시장

13) 발전시장에서 변동비 보상 시 각 시간대별 발전기 전체에 적용하는 전력가격

14) 임두순(2014), “전기·가스 상대가격이 도시가스 용도별 수요에 미치는 영향 연구”, 서울대학교 행정대학원 석사학위논문, p.19

15) 현행 전기요금은 사용 용도별(주택용, 일반용, 산업용, 교육용, 농사용, 가로등, 심야 전력의 7개), 압력별, 계절별, 시간별로 구분되어 각각 다른 요금이 적용되고 있음. 전체 요금의 수준은 투자보수율에 의한 규제를 받고 있고 소비자 요금은 발전시장가격(도매시장 가격), 송배전비용, 판매비용, 적정이윤, 세금 및 부과금을 합산하여 결정됨

급약관) 및 전기사업법시행령 제7조(기본공급약관에 대한 인가기준)가 있으며 관련 조항에 의하면 전기판매사업자는 전기요금 및 공급조건에 관한 약관을 작성하여 산업통상자원부장관의 인가를 받도록 하고 있으며 이를 변경하려는 경우에도 또한 같다. 산업통상자원부장관은 인가를 하려는 경우에는 전기위원회의 심의를 거쳐야 하며 인가기준은 전기요금이 적정 원가에 적정 이윤을 더한 것이어야 하며 전기요금을 공급 종류별 또는 전압별로 구분하여 규정하고 있어야 한다. 물가안정에 관한 법률 제4조(공공요금 및 수수료의 결정)에 의해 주무부장관은 다른 법률에서 정하는 바에 따라 결정·승인·인가 또는 허가하는 사업이나 물품의 가격 또는 요금을 정하거나 변경하려는 경우에는 미리 기획재정부장관과 협의하여야 하며 기획재정부장관은 공공요금 및 수수료에 관한 협의를 할 때에 원가 산정의 적절성, 소비자 부담, 국민경제에 미치는 효과 등에 관하여 전문가에게 자문할 수 있다.

이상의 내용을 종합해 보면 전기요금은 적정원가와 적정이윤을 보장하기 위하여 총괄원가와 적정투자보수를 보상하는 수준에서 결정하되 전기사용자간 형평성을 유지하고 합리적인 자원배분이 이루어지게 형성되도록 하고 있다. 그러나 실제 전기요금 결정에 있어서는 이러한 원칙을 적용하는데 객관성과 일관성이 지켜지지 않은 경우가 많다. 전력거래소에서 수요와 공급에 따라 결정되는 전기 도매가격은 어느 정도 시장의 원칙이 반영되고 있으나, 소매시장인 한전이 판매하는 전기요금은 정부의 직접규제를 받는 상황에서, 발전용 원료인 석탄, 천연가스 등의 가격이 상승할 때에는 물가안정을 목적으로 요금 인상을 억제하여 총괄원가를 하회하는 전기요금이 지속되기도 하였고, 산업 정책적 목적으로 산업용 전기요금을 낮게 책정하여 소비자 집단 간 형평성이 문제되기도 하였다.

3) 도시가스요금 결정방식

천연가스 요금도 일반적인 공공요금에서와 같이 서비스 원가주의¹⁶⁾를

16) 서비스 생산자가 지속적으로 기업을 유지하도록 하기 위해 생산 및 공급에 소요된 원가를 기준으로 요금을 결정하는 것

기초로 적정보수방식¹⁷⁾에 따라 적정원가와 적정투자보수를 산정한다. 천연가스 요금은 원료비와 공급비로 구성되고, 천연가스 공급에 소요되는 총괄원가를 보상하는 수준에서 결정되며, 총괄원가는 성실하고 능률적인 경영 아래에서 천연가스 공급에 소요되는 적정원가에 천연가스사업에 공여하고 있는 진실하고 유효한 자산에 대한 적정 투자보수를 합산한 금액으로 한다. 또한 총괄원가를 기준으로 편익정도, 사회·정책적 요인 등을 고려하여 수요자간 부담의 형평을 유지하고 자원이 합리적으로 배분될 수 있도록 체계가 형성되어 있다.

천연가스요금 규제와 관련된 법조항으로는 도시가스사업법 제20조(공급규정)가 있으며, 관련 조항에 의하면 한국가스공사와 같은 가스도매사업자는 도시가스의 요금이나 그 밖의 공급조건에 관한 공급규정을 정하여 산업통상자원부장관의 승인을 받아야 하며 승인 받은 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다. 이때 산업통상자원부장관은 물가안정에 관한 법률에 따라 기획재정부 장관과 협의 후 승인하며, 기획재정부장은 공공요금 및 수수료에 관한 협의를 할 때에 원가 산정의 적절성, 소비자 부담, 국민경제에 미치는 효과 등에 관하여 전문가에게 자문할 수 있다.

한국가스공사로부터 도시가스를 구매하여 최종소비자에게 공급하는 일반도시가스사업자의 경우는 공급규정을 정하여 시·도지사의 승인을 받아야 하며 승인 받은 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다. 이때 산업통상자원부장관 또는 시·도지사는 공급규정에 정하여진 기준¹⁸⁾에 적합한 경우에만 승인하여야 하며, 산업통상자원부장관 또는 시·도지사는 공급규정이 사회적·경제적 사정의 변동으로 적절하지 못하게 되어 공공의 이익 증진에 지장을 가져올 염려가 있다고 인정되면 가스도매사업자 또는 일반도시가스사업자에게 적절한 기간을 정하여 그 공급규정의 변경 승인을 신청할 것을 명할 수 있다.

17) 제화와 서비스의 생산 및 공급에 소요되는 총비용에 적정보수를 가산한 것을 수입액으로 책정하도록 하는 방법

18) 요금이 적절할 것, 요금이 정률이나 정액으로 명확하게 규정되어 있을 것, 가스공급자와 공급을 받는 자 또는 가스사용자 간 책임과 가스공급시설 및 가스사용시설에 대한 비용의 부담액이 적절하고 명확하게 정하여질 것, 특정사업자나 특정인을 부당하게 차별하는 것이 아닐 것

현행 도매요금은 발전회사들에게 공급하는 발전용, 일반도시가스사업자에게 공급하는 도시가스용 요금으로 나누어지며, LNG도입가격에 도입부대비용을 합한 원료비에 한국가스공사의 제조 및 공급비용을 더한 후 용도별¹⁹⁾로 이를 배분하여 산정하고 있다. 소매요금은 한국가스공사 도매요금에 도시가스사의 공급비용을 더한 후 용도별²⁰⁾로 이를 배분하여 산정한다. 그리고 도시가스용의 일반용, 냉난방공조용, 산업용, 열병합용과 발전용은 계절별로 공급비가 차등 적용되고 있다.

한편, 가스 원료비는 요금에서 차지하는 비중이 크고 유가 및 환율에 따라 등락이 심하기 때문에 산업통상자원부장관이 승인한 천연가스 공급규정의 원료비연동제 시행지침에 따라 산정하고 있다. 조정주기 및 조정기준에 있어 발전용과 도시가스용에 차이가 있는데 도시가스용은 홀수월에 2개월 주기로 전월기준원료비의 $\pm 3\%$ 를 초과할 경우 조정하고 있으며, 발전용은 매월 변동편차 기준 없이 조정하고 있다. 그러나 유가, 환율 급등 시나 수급문제 등을 사유로 산업통상자원부 장관이 원료비 연동제에 의한 요금조정을 유보할 수 있다.

이상의 내용을 종합해 보면 가스요금도 총괄원가와 적정투자보수를 보장하는 수준에서 결정하되 사용자간 형평성을 유지하고 합리적인 자원배분이 이루어지도록 하고 있다는 점은 전기요금 관련 규제와 유사하나, 원료비 연동제에 의해 원료비 변동분이 요금에 비교적 빠르게 반영되도록 되어 있어 전기요금에 비하여 상대적으로 가격 왜곡이 덜한 편이라고 할 수 있다. 그러나 2008년 이명박 정부 당시 서민경제 안정화 정책의 일환으로 공공요금을 동결시키면서 이후 4년 동안 원료비 연동제를 유보시킨 사례²¹⁾가 있어 가스요금 결정에 있어서도 항상 원칙적용의 객관성과 일관성이 지켜졌다고 보기는 어렵다.

19) 주택용, 업무난방용, 일반용, 냉난방공조용, 산업용, 열병합용, 연료전지용, 열전용설비용, 수송용

20) 주택용, 업무난방용, 영업용1·2, 냉난방공조용, 산업용, 열병합용1·2, 연료전지용, 열전용설비용, 수송용

21) 이로 인해 한국가스공사는 원료비 미수금이 크게 늘어났으며 2013년부터 원료비 연동제를 재도입하고 미수금을 도시가스 요금에 부과하였음

2. 에너지 수요에 관한 이론적 논의

1) 수요 결정요인과 수요함수

수요는 일정기간 동안 재화와 용역을 구매하고자 하는 의사 또는 욕구이자 다른 조건은 일정한 상태에서 가격만 변할 때 수요량이 어떻게 변하는지 나타내는 것으로 가격과 수요량의 관계를 의미한다. 수요량은 특정 가격 수준에서 수요자들이 구매하고자 하는 재화나 서비스의 수량을 말하며 개별 수요자의 수요량을 모두 합한 것이다.

어떤 재화의 수요에 영향을 미치는 것에는 경제적 요인뿐 아니라 유행, 제도, 관습, 날씨 등 수없이 많은 비경제적 요인들이 존재하는데, 모두 다 고려 대상에 포함시킬 수는 없으므로 중요하다고 생각하는 경제변수를 중심으로 하여 수요의 결정과정을 고찰하는 것이 경제 분석에서의 일반적인 관행이다²²⁾.

김구환(2016)은 수요를 결정하는 주요 요인으로 다음의 다섯 가지를 들었다²³⁾. 첫째, 어떤 재화에 대한 수요는 그 재화의 시장가격에 의해 영향을 받는다. 일반적으로 해당재화의 시장가격이 높으면 그 재화에 대한 수요는 적어지고 시장가격이 낮으면 반대로 수요가 많아진다. 둘째, 어떤 재화에 대한 수요는 다른 재화들의 가격에 의해 영향을 받는다. 예를 들어 전기의 가격이 상대적으로 하락하면 대체관계에 있는 도시가스에 대한 수요가 감소한다. 셋째, 어떤 재화에 대한 수요는 소비자의 소득수준에 의해 영향을 받는다. 열등재와 같이 소득이 증가함에 따라 수요가 감소하는 재화도 있지만 대부분의 재화는 소득의 증가에 따라 수요가 증가한다. 넷째, 어떤 재화에 대한 수요는 소비자들의 기호 및 선호에 의하여 영향을 받는다. 다섯째, 어떤 재화에 대한 수요는 그 경제사회의 인구크기와 인구구성에 의해 영향을 받는다.

어떤 재화에 대한 수요량과 여러 경제변수들 사이의 관계를 주요 수요

22) 이준구(2019), 『미시경제학』, 제7판, 문우사, p.22

23) 김구환(2016), “에너지가격 변동에 따른 전기수요 영향”, 서울대학교 행정대학원 석사학위논문, p.26

결정요인들의 함수형태로 표시할 수 있는데 이를 시장수요함수라고 한다. 일반적으로 수요량에 영향을 미치는 여러 수요 결정요인 중에서는 가격이 수요량에 미치는 영향이 가장 크고 직접적이라고 할 수 있으나 에너지라는 재화의 경우에는 가격 못지않게 기온의 영향을 크게 받기도 한다. 실제 한전이나 한국가스공사가 수요예측을 위해 사용하는 수요함수를 보면 기상조건, 기온을 주요 수요 결정요인으로 고려하고 있음을 알 수 있다.

한전의 경우 전기수요 예측은 우선 예측기간에 따라 주로 2~3년 이내의 기간에 대한 단기예측과 10년 이상의 기간에 대한 장기예측이 있고 예측대상에 따라 총 판매전기량과 최대 전기사용량으로 나눌 수 있다. 주로 판매전기량을 먼저 예측하고, 이에 송배전 손실율, 부하율과 기상조건 등 제반 요인을 감안하여 최대전기를 예측하고 있다²⁴⁾.

도시가스 수요는 강한 계절성과 같은 기온의 변화에 따른 수요의 탄력성이 경제변수에 대한 수요의 탄력성보다 커서 특정연도, 특히 동절기의 기온변동이 수요의 증감 폭을 결정한다. 한국가스공사의 경우 기온에 대한 단기수요예측을 추정하기 위해 기온반응함수와 기온분포함수를 사용하며, 기온효과 외에도 단기 도시가스 수요예측의 정확도를 높이기 위해 가격기온효과를 사용한다. 가격기온효과는 상대가격에 따라 기온효과가 결정되는 형태로 경쟁원료와의 상대가격지수와 기온이 주어졌을 때 가격의 변화에 따른 가격반응, 즉 가격과 기온이 상호작용하는 효과가 총체적으로 반영된 기온가격 교차반응함수이다.

본 연구에서는 수요결정 요인에 대한 이론과 한국전력공사 및 한국가스공사의 수요예측 모델을 참고하여 에너지전환효율에 영향을 미치는 전기수요의 가장 중요한 결정요인으로써 가스·전기 상대가격과 기온을 고려하여 에너지전환효율 함수를 구성하였다.

24) 김구환(2016), “에너지가격 변동에 따른 전기수요 영향”, 서울대학교 행정대학원 석사학위논문, p.29

2) 수요의 탄력성에 관한 이론²⁵⁾

어떤 상품에 대한 수요량이 그것의 결정요인과 어떤 관계를 맺고 있는지를 나타내주는 개념이 수요의 탄력성이다. 수요의 탄력성은 각 독립변수의 변화에 대해 수요량이 얼마나 민감하게 반응하는지를 하나의 숫자로 나타내준다. A의 B탄력성이라고 하면 B라는 독립변수의 변화에 대해 종속변수 A가 얼마나 민감하게 반응하는지를 나타낸다. 따라서 종속변수에 수요를 대입할 경우에는 수요의 탄력성이 되지만 공급을 대입하면 공급의 탄력성이 되며 가격을 대입하면 가격탄력성, 소득을 대입하면 소득탄력성이 된다.

수요의 가격탄력성은 어떤 상품의 가격에 생긴 변화가 수요곡선 상의 변화를 일으켜 수요량에 변화를 가져오는 것을 말한다. 수요의 가격탄력성은 상품 가격에 변화가 생겼을 때 그 변화율에 대한 수요량 변화율의 상대적 크기로 측정된다. 예를 들어 1%의 가격상승이 수요량을 3%만큼 감소시켰다면 수요의 가격탄력성은 3이 된다.

수요의 교차탄력성은, 한 상품의 가격에 생긴 변화에 대해 다른 상품의 수요가 얼마나 민감하게 반응하는 가를 나타낸다. 예를 들어 X재의 가격에 생긴 변화가 Y재의 수요를 변화시킨다면 교차탄력성은 Y재의 수요량의 변화율을 X재의 가격의 변화율로 나누어 구할 수 있다. 교차탄력성은 두 재화가 서로 어떤 관계를 맺고 있느냐에 따라 그 부호 및 크기가 달라지는데 만약에 X재와 Y재가 대체될 수 있다면 X재 가격의 상승은 Y재에 대한 수요를 증가시킬 것이며 이 경우 교차탄력성은 양의 부호를 갖게 되며 두 재화사이의 대체성이 크면 클수록 더 큰 값을 갖게 된다. 반면 두 재화가 서로 보완관계에 있다면 교차탄력성은 음의 값을 갖게 되고, 두 재화 사이의 보완성이 클수록 그 절대값도 커지게 된다. 또한 교차탄력성이 0에 가까우면 두 재화에 대한 수요는 서로 독립적이라고 할 수 있다.

본 연구는 에너지전환효율의 가스·전기 상대가격 변화에 대한 일종의 탄력성을 구하는 것이라고 할 수 있다. 또한 독립변수인 가스·전기 상

25) 이준구(2019), 『미시경제학』 제7판 p.27-33에서 발췌·정리

대가격과 종속변수인 에너지전환효율과의 관계 속에는 전기소비량의 가스·전기 상대가격에 대한 탄력성이 내포되어 있어 가스가격과 전기수요 간의 교차탄력성도 고려하고 있다.

3. 에너지효율에 관한 이론적 논의 및 현황

1) 에너지 효율개선 정책 관련 논의²⁶⁾

진상현(2008)은 에너지 효율개선에 대한 관심이 높아지게 된 이유로 두가지를 들었다. 첫째, 1·2차 석유파동과 관련하여 경제학자나 엔지니어들이 화석연료를 효율적으로 사용한다면 화석연료의 소비를 줄일 수 있기 때문에 정부가 에너지 낭비에 대한 규제를 해야 한다고 주장하였다. 둘째, 많은 국제기구와 환경론자들이 효율개선을 통해 화석연료의 소비를 줄인다면 기후변화도 완화시킬 수 있다는 이유를 들어 전 지구적 차원에서 온실가스 배출량을 줄여야 한다고 주장하고 있다²⁷⁾.

위와 같은 이유로 많은 국제기구와 국가에서 에너지 효율개선 정책을 수립하여 시행하고 있다. 그러나 정부가 에너지 사용과 관련된 시장의 메커니즘과 소비자들의 행태를 고려하지 못할 경우는 정부의 정책이 효과적이지 못할 것이라는 주장도 있다. 즉 에너지 효율개선 정책에 대해서도 정부와 시장의 역할에 대한 논의가 오랫동안 있어 왔다.

정부의 에너지 효율개선 사업은 ‘시장의 실패’를 극복하기 위해 시작된 측면이 있는데, 효율적인 기술이 시장 내에서 자발적으로 채택되지 않자 정부가 각종 규제와 유인책으로 고효율 기술이 사용되도록 하였다는 것이다. Clinch & Healy(2000)는 시장의 실패를 교정하기 위하여 정부의 적극적인 개입을 주장하였다²⁸⁾. 에너지 효율개선이 시장에서 자발적

26) 진상현(2008), “에너지 효율개선 정책의 딜레마 : 시장의 실패, 정부의 실패 그리고 반등효과”, 『환경논총』, 제47권, p.125-126와 p.131-132에서 발췌·정리

27) IPCC(2007), 『Climate change 2007』, IPCC Fourth Assessment Report, IPCC

28) Clinch, J. Peter and Healy, Jonh D.(2000), “Domestic energy efficiency in Ireland : correcting market failure”, Energy Policy, Vol. 28, p.4

으로 채택되지 않는 데에는 여러 가지 다양한 원인이 있으므로 정부는 이러한 시장의 실패를 바로잡기 위하여 적극적으로 관련 정보를 제공하고, 에너지 효율개선 활동의 기회비용을 줄이고, 기금을 마련하고, 투자시 발생할 수 있는 거래비용을 줄이고, 민간부문의 편익에 사회적 편익이 반영되도록 정책을 수립해야 한다는 것이다.

반대로 경제학자들은 에너지 효율개선 정책에서 시장의 실패만큼 ‘정부의 실패’도 존재할 수 있다고 주장한다. 그들은 시장이 정상적으로 기능한다면 가격의 변화만으로도 충분한 효율개선이 나타날 수 있다고 주장한다. Hicks의 ‘유발혁신론(induced innovation theory)’에 따르면 생산요소들 간의 상대적인 가격변화로 혁신이 일어날 수 있는데 이는 상대적으로 비싼 생산요소는 적게 사용하고 상대적으로 싼 생산요소는 더 사용하는 방향으로 진행됨으로써 가능하다고 한다²⁹⁾. 경쟁시장에서 어떤 기술이 채택되고 효율성이 어떻게 달성되는지는 에너지를 포함한 생산요소들의 상대가격에 따라 달라질 수 있다는 것이다. 특히 에너지 가격이 저렴할 경우는 효율성이 떨어지는 기술들이 채택될 수 있어 에너지 가격과 기술변화가 반대방향으로 움직이기 마련이라고 한다.

본 연구는 전기와 도시가스의 상대가격 변화가 에너지효율에 영향을 미칠 수 있는지에 대한 검토를 통하여 정부가 시장가격을 적절히 반영한 에너지원간 상대가격 규제를 활용하여 에너지 전환효율을 개선할 수 있다는 것을 보여주고자 한다.

2) 우리나라의 에너지효율 정책 현황³⁰⁾

우리나라의 에너지효율 정책과 관련된 용어나 분류에 있어서 표준화된 기준은 없다³¹⁾. 에너지절약 정책, 에너지효율 정책, 에너지이용합리화 정

29) Birol, Fatih and Jan Hors Keppler(2000), “Prices, technology development and the rebound effect”, Energy Policy, Vol. 28, p.457-469

30) 에너지이용합리화기본계획, 국가에너지기본계획 관련 부분은 문승일(2019), 2019년 2학기 『서울대학교 공기업정책학과 에너지정책 특강 강의자료』, 산업통상자원부(2019), 『제3차 에너지기본계획』을 바탕으로 정리함

31) 이성근·이성인(2008), “국가 에너지절약 및 효율향상 추진체계 개선방안 연구 : 가정·

책 등 3가지 용어가 거의 동일한 개념으로 사용되고 있으며, 각각의 의미를 좀 더 세분화해 살펴보면 절약정책은 불필요한 소비를 줄이자는 의미가 강하며 주로 소비자를 대상으로 한 정책인 반면, 효율정책 또는 이용합리화 정책은 필요한 에너지는 사용하되 효율적으로 사용하자는 개념으로 주로 생산자에 대한 규제와 장려를 통해 고효율제품을 생산하도록 유도하자는 의미의 용어이다. 용어나 분류에 대한 기준은 자국에서 시행되는 정책들을 효과적으로 평가하고자 하는 목적도 있지만 국가 간 동일한 기준을 적용하여 평가결과를 서로 비교하고자 하는 목적도 있다. 그러나 아직까지 국가 내의 모든 에너지절약정책을 일괄적으로 평가하는 방법은 개발되어 있지 않은 것으로 알려져 있다.

전 세계적으로 에너지효율정책에 관심을 갖게 된 것은 제1차 석유파동 이후라고 할 수 있으며 국내의 에너지효율 정책도 제1차 석유파동 이후 제정된 열관리법에 따라 추진하게 되었다. 그리고 제2차 석유파동은 각국의 에너지안보에 대한 의식을 제고시키고, 에너지효율정책을 체계적으로 추진하게 하는 계기가 되었다고 한다. 추진 초기에는 에너지효율 보다는 단순한 에너지절약 정책들이 주를 이루었으며 우리나라의 에너지효율정책의 기반이 조성된 것은 동력자원부 발족과 제2차 석유파동 이후 에너지이용합리화법의 제정을 통해서였다. 그러나 1980년대 중반 저유가 시대가 도래함으로써 에너지절약에 대한 관심이 다시 낮아지고, 에너지다소비 산업 중심의 정부 성장정책으로 에너지원단위까지 악화되자 정부는 1990년대 초반 제1차 에너지이용합리화기본계획을 수립하여 에너지절약정책이 체계적으로 추진되는 기반을 마련하였다. 에너지이용합리화기본계획은 에너지효율 개선의 구체적인 실행계획을 담고 있으며 현재 제5차 에너지이용합리화기본계획까지 수립되어 시행중이다³²⁾.

제1차 에너지이용합리화기본계획(1994년~1998년)에서는 에너지다소비 사업장에 대한 고효율에너지설비 지원, 수송부문의 자동차효율관리제도 시행, 경차 보급, ESCO 사업, 지역에너지사업 및 지역난방보급 정책 등

상업부문의 에너지효율 평가”, 『기본연구보고서 08-10』, 에너지경제연구원, p.35-36

32) 산업통상자원부에 의하면 제6차 에너지이용합리화기본계획은 수립이 지연되어 2020년말 발표예정이라고 함

체계적인 에너지효율시책 및 지원제도를 마련하였으나 GDP증가율을 상회하는 소비 증가율로 인해 절약목표를 미달성하였다. 이어서 제2차 에너지이용합리화기본계획(1999년~2003년)과 제3차 에너지이용합리화기본계획(2004년~2008년)이 시행되었으며, 에너지원단위개선 3개년 계획(2005년~2007년)이 병행 실시되었다. 2차 계획은 경제위기극복을 위한 에너지 절약의 기반을 확충하고 산업화를 촉진하고자 하였으나 여러 부처를 아우르는 총괄적인 추진이 미흡하였다는 평가이고, 3차 계획은 범부처차원의 에너지원단위 개선시책을 추진하였고 규제·홍보·인센티브를 종합한 부문별 절약시책을 고도화했다고 평가받고 있다³³⁾. 1998년 시작된 외환위기는 지속적으로 상승하던 우리나라 에너지원단위를 하락시키는 전환점이 되었고 에너지이용합리화 정책의 기본 패러다임을 시장 중심으로 전환시키는 계기가 되기도 하였다. 제4차 에너지이용합리화기본계획(2008년~2012년)을 통해서는 백열전구 퇴출 및 LED 확산, 수송부문의 연비기준 상향이라는 성과를 달성하였으나 2012년 에너지원단위가 2007년 대비 악화되어 고유가 극복, 기후변화협약 대응, 무역수지 개선 등을 위한 국가 에너지효율 11.3% 개선목표를 달성하지 못하였다. 제5차 에너지이용합리화 기본계획(2013년~2017년)은 정부가 주도하는 인위적 절약위주 정책에서 벗어나 신기술, 시장을 활용한 보다 진보된 형태의 에너지 수요관리정책을 추진하고자 하였다는 것이 특징이며 이를 위하여 소비주체별 에너지수요관리방안, 에너지가격 및 시장제도 개선, 에너지 정보체계 개편, 에너지효율향상 프로그램을 추진하였다.

에너지이용합리화 기본계획 외에 에너지효율과 관련된 가장 기본적이고 중요한 국가계획으로는 국가에너지기본계획³⁴⁾이 있다. 제1차 국가에너지기본계획(2008년~2030년)은 ‘녹색성장을 구현하는 에너지비전’이라는 목표 하에 에너지안보, 에너지효율, 에너지환경과의 조화를 바탕으로 4대 전략과 10대 이행과제를 제시하였다. 성과로는 원전·신재생에너지

33) 에너지관리공단(2011.8), 『2011년 에너지기후변화 편람』, p.230

34) 1997년부터 시작되었으며 당시에는 에너지이용합리화법(1979.12)에 근거하였다가 이후 에너지기본법(2006.9), 저탄소녹색성장기본법(2010.4)이 제정됨에 따라 부침을 거쳤음 (안현호, 2019)

지 등 저탄소 에너지원을 최대한 확대하였으며 에너지수요억제와 원단위 개선 등의 정책목표를 제시하였고, 향후 국가 온실가스 감축목표 설정 등 녹색성장 정책 추진을 위한 근간이 되었다. 한계로는 낮은 전기요금으로 전기소비가 급증하고 반복되는 수급불안이 야기되었다는 점과 원전·석탄 중심의 전원 믹스는 송전망 포화로 사회적 갈등을 유발시켰다는 것이다.

2014년에 발표된 제2차 에너지기본계획(2014년~2035년)에서는 신재생 에너지 발전 비중을 2025년 7.5%, 2035년 11%로 제시했으며 원자력발전소 비중을 26%에서 29%로 높이기 위해 7GW의 신규 원전의 추가 건설이 필요하다는 내용이 포함됐다. 성과로는 1차 계획이 수요충족을 위한 안정적 에너지공급을 중시한데 비하여 2차 계획부터는 수요관리의 중요성을 강조했다는 점과 기후변화 대응을 위해 환경과 안전의 조화를 강조하고 대규모 공급설비 건설의 부작용 최소화를 위해 분산형 발전시스템에 대한 중요성 인식을 확산시켰다는 것과 수요자 중심의 에너지 복지체계를 구축했다는 것이다. 한계로는 국민의 안전과 환경에 대한 근본적인 대안이 부족했고 분산형 전원 확대를 위한 추진전략이 부재했으며 수요관리 중심 정책전환에도 실제 수요 감축이 미흡했다는 평가를 받는다.

2019년 6월 최종 확정된 제3차 에너지기본계획(2019년~2040년)에서는 에너지전환을 통한 지속가능한 성장과 국민 삶의 질 제고라는 비전아래 에너지소비효율 개선 및 수요 감축을 통한 에너지소비구조 혁신, 깨끗하

구 분	근거법령	수립연도	계획기간/주기
제1차 국가에너지기본계획	에너지이용합리화법	1997년	10년 / 5년 주기
제2차 국가에너지기본계획	상 동	2002년	상 동
제1차 국가에너지기본계획	에너지기본법	2008년	20년 / 5년 주기
제2차 에너지기본계획	저탄소녹색성장기본법	2014년	상 동
제3차 에너지기본계획	상 동	2018년	상 동

현행의 국가에너지기본계획은 2008년에 시작되었으며 5년마다 한번 씩 갱신되고 국가 에너지 정책의 기본적인 방향을 정하고 중장기 에너지정책의 기본 철학과 비전을 제시하는 것을 주목적으로 함. 수립 시점부터 향후 20년 동안의 에너지 수요·공급 전망, 에너지 확보·공급 대책, 에너지 관련 기술 개발과 인력 양성 계획 등이 들어가며 어떤 에너지 비중을 늘려갈지도 결정됨. 에너지기본계획의 구축을 받는 하위 계획도 전력수급기본계획, 천연가스수급계획, 해외자원개발기본계획, 신재생에너지기본계획, 에너지이용합리화계획, 에너지기술개발계획, 석유비축계획 등 10여개에 이릅니다.

고 안전한 에너지 믹스로 전환, 분산형·참여형 에너지 시스템 확대, 에너지산업 글로벌 경쟁력 강화, 에너지전환을 위한 기반 확충을 5대 중점 추진과제로 설정하였다. 특히 2차 계획대비 신재생에너지 비중을 2040년까지 30~35%로 확대하고, 원자력발전과 석탄발전은 단계적으로 감축하기로 방침을 정했다.

에너지이용합리화기본계획, 국가에너지기본계획 외에도 녹색성장 국가전략 및 계획, 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획, 에너지기술개발 계획, 지자체의 에너지이용합리화 실시계획 등에도 에너지효율 관련 정책들이 포함되어 있다. 이러한 법과 계획을 통하여 에너지이용합리화자금 및 세제지원, 에너지관리진단, 에너지다소비사업장 관리, 에너지절약 자발적 협약 추진, 에너지효율향상 의무화제도³⁵⁾, ESCO사업³⁶⁾, 에너지소비효율등급 표시, 대기전력저감 프로그램, 고효율에너지기자재인증제품 프로그램, 평균연비 목표기준, 전기차 배터리리스 시범사업, 공공기관 전기차 구입 의무화, 그린 리모델링 사업 등 에너지효율사업과 프로그램도 매우 다양한 형태와 종류로 진행되어 왔다.

지금까지 진행되어 온 우리나라의 에너지효율 정책에 대해서는 다양한 평가가 있을 수 있겠으나 정책개발과 시행단계에 노력이 집중되어 정책평가나 추진결과에 따른 피드백이 미흡하다는 주장이 있다. 개별 정책집행기관에서 프로그램 단위의 평가를 수행하고 있고, 절약기술에 대한 평가를 전담하는 기관이 있기는 하지만 정책평가를 전담하는 기능은 부족해 보인다³⁷⁾. 또한 에너지효율 정책의 주요과제인 에너지수요관리가 전력수요관리에 집중되어 있어 통합수요관리체제를 고려한 거버넌스가 필요하다는 의견도 있다³⁸⁾. 즉 전력문제 뿐만 아니라 도시가스, 지역난방을 모두 아우를 수 있는 통합적인 관리가 가능한 기구가 필요하며 이

35) 에너지 공급자에게 수요관리 의무를 지우는 제도로, 전기·가스·열 공급자가 에너지절감 목표를 부여받아 직접 에너지효율향상을 도모하고 온실가스를 감축하는 제도

36) 개인이나 기업을 대신, 에너지절약전문기업(ESCO : Energy Service Company)이 에너지절약형 시설에 선투자한 뒤 에너지절감액으로 투자비를 회수하는 제도

37) 에너지관리공단의 사업내용에 에너지효율 개선 정책의 총괄적이고 체계적인 평가에 대한 부분은 포함되어 있지 않으며, '19.8.21 산업통상자원부에서 발표한 "에너지효율 혁신전략" 에서도 관련 부분은 찾아볼 수 없음

38) 지식경제부(2012), "중장기 부문별 에너지 효율정책 추진전략 연구", p.98

런 기구를 통하여 수요관리를 통합적으로 관리함으로써 에너지원간의 교차보조 문제, 부문별 정책의 중복 및 상충 문제를 해결하는데 도움이 된다는 것이다. 그리고 에너지 및 기후변화문제를 효과적으로 조정하기 위해 유관 부처들을 통합하거나 최소한 부처 간의 역할 조정 및 지휘를 할 수 있는 조절매개체로 위원회를 둬으로써 사업추진력 및 정책조정 능력을 강화해야 한다는 주장도 있다. 그러나 에너지 정책 추진결과에 대한 평가 강화나 통합수요관리 거버넌스 운영과 유사한 개념들은 이미 에너지효율 관련 여러 계획에 정책방향으로는 담겨 있으나 구체적으로 실행되지는 않은 것으로 보인다.

3) 국가에너지통계의 에너지효율 관련 주요 개념들³⁹⁾

‘에너지전환’은 사용하기 편리한 에너지로 변환하는 과정을 말하며 발전, 석유정제, 지역난방, 가스제조 등이 해당된다. 발전은 사업자 및 자가 생산을 모두 포함하여야 하나, 현재 국가통계는 자가발전 투입연료를 자가발전사업자의 소비에 포함한다. 석유정제는 원유의 투입과 석유제품의 산출 과정을 의미하나, 우리나라 국가에너지통계에서는 정제 생산된 석유제품을 1차에너지로 간주하고 투입 원유는 반영하지 않는다.

‘1차에너지’는 생산, 수출입 및 재고증감에 의해 국내에 공급된 에너지이며, 타에너지로 전환되기 위해 투입되는 에너지와 산업, 수송, 가정, 상업용으로 소비되는 최종에너지의 합으로 계산한다. 우리나라 국가에너지 통계에서는 생산된 석유제품도 1차에너지 수입으로 간주하여 작성한다.

‘최종에너지’는 산업, 수송, 가정 및 상업부문 등 최종에너지 소비 부문에서 사용하는 에너지로, 최종소비자가 직접 사용한 1차에너지와 전환과정을 거친 2차에너지가 여기에 해당한다. 현 국가통계에서는 전력과 열에너지는 한전 및 지역난방 사업자가 공급하는 양만 최종에너지소비에 포함한다. 자가생산자가 생산한 전력과 열에너지는 생산부문 및 업종의

39) 에너지경제연구원(2019), 『2019 에너지통계연보』, p.4-5 주요용어 부분을 인용하여 정리함

연료소비로 최종소비에 포함되나, 전력거래소에 판매된 자가발전은 전력으로 최종소비에 포함한다.

‘수입의존도’는 1차에너지에 대한 순수입으로 계산하는 것이 일반적이나, 우리나라의 경우는 1차에너지 중에서 수입에너지가 차지하는 비중으로 계산한다. 원자력의 원료인 우라늄을 수입에너지로 간주하여 수입의존도를 발표하고 있으나, 국제기준에 의해 국내생산에 포함한 수입의존도를 병기하고 있다.

‘에너지원단위’는 GDP 단위당 에너지 소비, 즉 에너지원단위는 1차 에너지를 국내총생산(GDP)으로 나눈 값이며, 경제활동에 투입된 에너지 소비의 효율성을 평가하는 지표로서 산업구조, 부가가치, 에너지절약 및 이용효율 수준 등에 좌우된다. 총부가가치는 실질가격 기준이며, 미 달러화 표시는 환율을 이용하여 재계산한다. 2010년 이전에는 국제재무통계(IFS, IMF)의 연평균환율을 적용하고, 최근 환율은 한은의 연평균환율을 적용한다.

‘석유환산톤(ton of oil equivalent : TOE)’은 IEA에서 석탄, 석유 등과 같은 에너지원의 발열량을 나타내기 위해 지정한 표준 에너지 단위이다. 서로 다른 종류의 에너지원은 질량, 부피 등이 다르므로, 각 에너지원이 발생하는 에너지량을 비교하기 위해 석유 1톤이 발생시키는 열을 칼로리(kcal) 기준으로 표준화하여 TOE라는 단위를 사용한다. 에너지열량환산기준에 따라 각 에너지에 해당하는 석유환산계수와 에너지사용량의 곱으로 나타낸다. 다른 종류의 발열량 단위와 비교한 값은 다음과 같다.

$$1\text{TOE} = 10,000,000\text{kcal} = 41.868\text{GJ} = 11.63\text{MWh}$$

‘에너지 전환손실’은 석유 등 1차에너지를 다른 에너지원으로 전환하여 최종 소비자에게 분배하는 과정에는 발생하는 손실을 말한다. 2018년 기준 우리나라 에너지 균형식에 의한 전환손실은 다음과 같다.

$$1\text{차에너지공급}(100\%) = \text{최종에너지소비}(75.7\%) + \text{전환손실}(24.3\%)$$

즉 2018년 기준으로 한국에서는 1차에너지공급(100%) 중에서 75.7%만

을 최종에너지로 소비하고, 나머지 24.3%는 전환손실로 사라지고 있다는 의미이다. 국내 전환손실의 약 95%는 전력 생산과 관련된 발전부문, 즉 에너지의 전기화 과정에서 나타나고 있다.⁴⁰⁾ 전환손실은 전력의 송배전 과정에서도 나타나지만 한국의 전력손실 비중은 매우 낮은 편이다.⁴¹⁾

제 2 절 선행연구 검토

본 논문은 전기와 도시가스 간 가격차이의 변화가 수요대체를 통하여 에너지효율에 얼마나 영향을 미치는지 보고자 한다. 이를 위해서 공공요금 결정, 에너지 가격체계 개선, 에너지요금 정책, 에너지요금과 수요, 가격변화에 따른 에너지원간 수요대체, 기온효과와 에너지수요, 에너지 효율성에 관한 선행연구들을 찾아보았다.

특히, 상대가격 변화로 인한 에너지원간 수요대체에 대한 선행연구에서는 연구의 분석틀을 어떻게 설정하고 어떤 변수를 설정하였으며, 어떤 통계분석방법을 사용 하였는 지와 자료수집 출처 등을 참고하였으며, 에너지효율에 관한 논문에서는 에너지효율 개선에 있어서의 우리나라의 문제점, 정부가 추진해온 정책들을 주로 참고하였다.

1. 에너지 요금 정책에 관한 선행연구

공공요금정책, 에너지요금정책은 서민경제와 산업전반에 미치는 파급 효과가 크고 해당 공익기업의 수익성과 직결됨에도 불구하고 그에 대한 연구는 많지 않다. 학계의 학술적, 실증적 연구보다는 국책연구기관이나 민간연구소 위주로 정책제언을 위한 실용적 목적으로 수행된 경우가 많다. 주로 정부의 요금정책에 대한 문제점을 지적하고 정책제언을 하고

40) 2018년 기준, 발전용 연료로 투입된 1차에너지량 118,677천toe 중에서 45,249천toe는 전력으로, 2,682천toe는 열에너지로 전환되어 70,746천toe의 전환손실(투입 1차에너지량의 약 59.6%)이 발생하는데 이는 2018년 우리나라 전체 에너지전환손실 74,761천toe 중 94.6%를 차지하는 양임(『2019 에너지통계연보』)

41) 2018년 기준 송배전손실은 3.56%임(『2019 에너지통계연보』)

있는데 우리정부의 에너지 요금 정책이 오랫동안 기업성이나 시장논리 보다는 물가안정이나 수출경쟁력 지원 등 공공성에 더 중점을 두어왔기 때문인지 정책제언은 대부분 경제성과 효율성이 강조되어야 한다고 주장하고 있다.

이호용(2009)은 공공요금의 규제와 한계에 대해서 미국의 공공요금 규제와 관련된 판례와 이론을 토대로 연구하였다. 공공요금의 규제는 공익 기업의 기업 활동 보호와 소비자 보호라는 양 가치가 조화롭게 설정되는 범위에서 이루어져야 하므로 공공요금의 규제는 경쟁기능이 배제된 공익 기업에 대해 독점의 폐해를 방지하고 경쟁기능을 대신하기 위한 정도로만 이루어져야 한다고 주장하였다. 즉 공공요금의 규제도 자유주의시장 보호의 토대 위에서 성립하는 것이기 때문에 자유주의 경제이념에 배치되는 것이 아니라 이것을 보호하면서, 가격기구의 자동적 조절기능을 전제로 하는 자유경쟁기업주의를 ‘보완’하는 역할을 목적으로 하는 것이라고 하였다.

정한경 외(2007)는 자연독점성이 강하여 많은 경우 공기업 독점체제로 운영되는 가스와 전력산업에서 사업자와 소비자 간의 이해 균형을 위해 정부가 직접적으로 가격결정에 관여하고 있는데 네트워크 에너지요금이 효율적이 되기 위해서는 최소비용 생산과 공급비용 반영 가격이라는 두 가지가 이루어져야 한다고 주장하였다. 특히 난방에너지가격 왜곡에 따른 에너지소비 비효율성 현상을 지적하면서 장기적인 관점에서 경제가 효율적인 구조를 갖추기 위해서는 에너지에 대한 과세기준을 사회적비용(환경오염 등 외부성), 공급위험성(수급안정), 사회적 형평성, 사업의 국제경쟁력, 에너지접근성 등을 종합적으로 반영하여 재조정할 것을 주장하였다.

정한경(2011)은 소비자로서 하요금 에너지의 가치를 제대로 인식토록 하는 분명하고 의미 있는 가격신호를 담은 에너지가격의 결정은 에너지절약과 효율향상을 촉진하는 기본정책수단이라고 하면서 우리나라는 에너지요금설계의 여러 목적 중 경제적 에너지효율을 간화해 왔다고 평가하며 에너지효율향상을 위한 구체적인 새로운 요금설계 대안들을 검토하고

방안을 제시하였다. 요금설계는 많은 규제적, 제도적 목표를 조화시키는 복잡한 과정이며 이러한 목표의 조화과정에서 에너지효율 촉진을 인식하는 것이 중요하고 에너지요금제가 다른 에너지효율정책들과 결합될 경우 가지는 효과는 그렇지 않을 경우와 큰 차이를 보인다고 하였다.

박광수(2011)는 외부효과, 불완전경쟁시장과 같은 시장실패 현상이 발생할 경우 정부는 세금부과, 가격규제 등의 방법으로 시장에 개입하여 자원배분의 효율성을 개선시킬 수 있으나 우리나라의 에너지 가격정책은 비용이나 수급구조를 반영하지 못하여 비합리적인 에너지소비를 초래하였고 장기적으로 국민경제에 부담으로 작용할 가능성이 높다고 지적하면서 향후 에너지가격정책은 시장 친화적이고 환경 친화적으로 개편되어야 한다고 주장하였다.

전주열(2012)은 전기요금 결정과정 사례를 중심으로 상장공기업의 공공요금결정과정에서 이사회와 역할과 최종적인 요금결정 시 주주가치에 대한 고려가 반영되는지에 대해 살펴보았다. 분석결과 상장공기업은 다른 공기업과는 달리 주식시장에 상장되어 있어 지배주주인 정부 외에 일반주주들에 대한 주주가치가 고려될 필요가 있음에도 상장공기업과 비상장공기업의 공공요금 결정방식을 비교분석한 결과 비교대상 6개 공공요금 모두 원가이하에서 요금이 책정되고, 물가안정의 정책수단으로서 공기업의 요금정책이 결정되고 있어 공기업의 정상적인 운영과 지속가능성을 위하여 공공성과 기업성의 조화가 필요하다고 주장하였다.

강만옥 외(2013)는 우리나라의 경우 그 동안에는 자원 및 에너지의 대량투입에 의존하는 ‘요소투입’ 위주의 경제성장 정책을 추진하여 왔고 국내 에너지 가격은 국민 부담을 우려하여 물가안정, 산업경쟁력 지원, 경기진작 등 특정 정책 목표 달성을 위한 저가정책 기조를 유지하여 왔는데 이러한 저에너지가격 정책은 에너지 다소비업종의 지속적인 설비확장으로 에너지 다소비 구조를 고착화시키고 에너지소비 절감이나 경제구조의 환경 및 에너지효율성을 개선하는 데 미흡하였다고 평가하였다. 향후 우리나라의 에너지가격 체계의 개편 방향 및 효율적인 이행전략으로 전기, 가스, 석유, 석탄 등 에너지원에 대해 개별적으로 접근하지 말고

통합적 시각에서 접근할 필요가 있으며 에너지원별 과세 형평성을 통해 적정 에너지 믹스를 실현하고 국가 전체적인 에너지 수급 안정성 확보가 가능하도록 해야 한다고 주장하였다.

심동희 외(2019)는 공공요금은 취득원가 기준에 의한 총괄원가(적정원가와 적정투자보수의 합)를 적용해야 하지만 현실에서 공공요금은 생활과 물가에 미치는 영향을 고려해서 요금수입이 총괄원가를 못 미치는 선에서 결정되는 것이 일반적이라고 지적하면서 일본의 총괄원가 산정방식을 검토한 후 한국의 현행방식과 비교하여 회계적인 측면에서 공공요금의 원가산정방식의 문제점 및 항목별 원가개선 방안을 검토하였다.

2. 에너지원간 수요대체에 관한 선행연구

에너지원간 수요대체관계에 관한 연구는 비교적 풍부한 편이다. 어떤 에너지원간 수요대체관계가 있는지 수요함수에 대한 연구, 수요대체관계가 있다면 어느 정도 있는지 탄력성에 관한 연구, 에너지수요에 있어 기온효과에 관한 연구가 주를 이루고 있다. 초기에는 전기수요와 대체관계에 있는 에너지를 중심으로 산업부문에서의 연구가 이루어지다가 점차 가정, 상업부문을 포함하는 연구로 범위가 확대되었다. 수요대체 관계에 있는 다양한 에너지원간, 다양한 용도별로 실증연구가 수행되었으며 다양한 통계분석방법이 시도되고 있는데 에너지원간 수요대체 현상이 가장 두드러지는 난방용 전기와 도시가스의 수요대체에 관한 연구가 많다. 이러한 연구들은 1차에너지인 등유 또는 도시가스와 2차에너지인 전력 간에 어느 정도 대체관계가 존재하므로 정부가 통합적 시각에서 에너지정책을 펴야하고 효율성을 고려할 것을 제언하고 있다.

박창수 외(2004)는 선형 로짓 비용 비중함수를 이용하여 제조업 전체의 에너지원(석유, 석탄, 전력, 도시가스)간 대체관계를 분석하였다. 분석결과에 따르면 모든 에너지원간에는 대체관계가 존재하는 것으로 나타나고 있다. 도시가스의 가격이 상승하는 경우 다른 에너지원들로의 대체현상, 특히 석유와 석탄 분야에서 급격히 증가하는 추세를 보여주고 있

어 온실가스배출 저감을 위한 에너지 가격 정책으로는 도시가스의 가격 인하가 석탄과 석유의 소비 감소에 가장 효과적이라고 주장하고 있다.

박광수 외(2006)는 1987년에서 2005년까지의 연간자료를 로짓 비용비중 함수를 이용하여 가정상업부문의 에너지원간 대체관계 분석하였다. 석탄과 열에너지의 경우 가격탄력성이 다른 에너지보다 크고 탄력적인 것으로 나타나고 교차가격 탄력성은 일부를 제외하고는 대부분 정의 값을 보여 에너지원들 사이에 대체관계가 주종을 이루고 있음을 알 수 있었다. 그리고 가정부문과 상업부문의 가격탄력성이 산업부문의 경우보다 크게 나타나 가정부문과 상업부문이 보다 가격변화에 적극적으로 반응한다는 결과를 도출하였다.

김권수 외(2009)는 전력소비량에 영향을 미치는 변수로서 전기요금뿐만 아니라 도시가스요금과 등유가격도 변수로 고려하여 모형을 추정하였다. 특히 동계의 경우 전기요금은 크게 변화하지 않았어도 도시가스요금이나 등유가격이 크게 상승하면 동계 난방용 에너지를 도시가스나 등유에서 전력으로 연료 전환하는 사례가 많이 있을 것이라고 생각하여 이에 대한 검증을 수행하였다. 검증결과 타에너지 가격의 변동이 전력소비 패턴에 크게 영향을 미치므로 전기요금 관련 정책결정시 타에너지의 상대가격도 종합적으로 고려하는 것이 필요하다는 시사점을 얻었다.

이학노 외(2010)는 1998년 6월부터 2010년 4월까지의 월별 최대전력에 대한 전력가격과 도시가스 가격의 영향을 회귀분석을 통해 살펴보았는데 전력가격에 대한 계수는 음으로, 가스가격에 대한 계수는 양으로 추정되었고 전력과 도시가스 간의 대체성이 존재한다고 하였다.

김인무 외(2011)는 에너지 상대가격 변화에 따른 에너지 수요 예측에서 도시가스와 전력의 상대가격 변화에 따른 대체수요의 크기를 측정하기 위해 도시가스 소비함수 모형을 구축하여, 에너지 상대가격 변화에 따른 대체수요의 크기가 기온 변화에 따라 다르게 나타난다는 사실을 기온 가격 교차반응함수로 모형화하여 예측모형에 반영하였다. 즉, 기온가격 교차반응함수를 한국의 전력수요와 도시가스 수요 자료를 사용하여 추정한 결과, 기온이 낮을 때 에너지 상대가격의 영향이 크게 나타나 난

방 수요에서 전력과 도시가스 간의 대체효과가 큰 것으로 나타났다. 또한 이러한 기온가격 교차반응함수를 이용한 예측모형이 기존의 예측모형에 비해 적합도나 예측력에서 우수한 것으로 나타났다.

박광수(2012)는 에너지소비에 대한 기온변화의 영향분석에서 기온변화가 에너지 소비 변동에 어느 정도 영향을 주었는지 분석하기 위하여 에너지 수요함수를 설정하고 추정하였다. 추정된 계수를 이용하여 총에너지소비 변화량에서 기온변화에 의한 변화량을 추정한 결과 1990년대에 비하여 2000년대에 기온변화의 영향이 더 크게 나타난 것으로 분석되었으며 기온변화의 영향을 제거할 경우 경제성장률과 총에너지 소비 증가율의 동행성이 크게 높아진다고 하였다. 에너지 수요함수를 추정할 때 기온을 대표하는 변수로 냉방도일과 난방도일을 이용하였다. 최대전력수요와 기온과의 관계에 있어서는 최대전력수요가 과거와는 달리 주로 동절기에 빈번히 발생하는 이유로는 소득수준이 향상됨에 따라 냉난방기기 보급이 확대되어 동절기에 난방용 전력수요가 크게 증가하였기 때문이라고 추정하였다.

김완수(2012)는 등유 및 도시가스 등 난방용 에너지의 가격변화가 겨울철 전력수요에 영향을 미치는 것을 모형을 통해 추정하였으며, 이러한 전력수요에의 영향이 전력수요의 기온반응 변화 형태로 나타나고 있다고 하였다. 난방용 에너지의 가격변화가 겨울철 전력에 영향을 미치는 현상은 난방용 에너지로서 1차에너지인 등유 및 도시가스와 2차에너지인 전력간에 어느 정도 대체관계가 존재하기 때문에 나타난다고 하였다. 1차에너지인 등유와 도시가스는 시장메커니즘에 의해 가격이 결정됨에 반하여 2차에너지인 전력은 물가안정이라는 정책적 목표 하에 정치적으로 결정되어 에너지 가격간의 왜곡을 통한 대체현상은 1차에너지인 난방용 대신 2차에너지인 전력의 소비증가 형태로 나타난다고 하였다.

최충식(2012)은 최종 에너지 소비부문에서 난방을 위한 에너지원으로서는 대체 관계에 있는 천연 가스와 전기의 상대가격 변동이 전기 및 가스 상대소비량에 얼마나 영향을 미치는지를 보이려고 하였다. 그 결과 전기 가격은 전기 소비량과 음의 상관관계를 갖으며, 통계적으로 유의한 관계

를 보여주었다. 전기 가격이 1% 상승할 때 최종 에너지 소비부문에서 차지하는 전기 소비량은 0.22% 줄어든다는 것을 모형을 통해 확인했다. 하지만 도시가스 가격은 전기 소비량에 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다.

임두순(2014)은 주택용, 일반용, 산업용의 용도별 전기와 가스간의 상대가격의 변화가 도시가스 수요에 미치는 영향을 고려하였다. 두 개의 에너지를 같이 비교하기 위해 상대적인 비율방식으로 접근하였으며, 에너지 수요량 추이의 특징인 계절성을 고려하기 위해 더미변수를 사용하였다. 그 결과 용도별 상대가격의 변화가 도시가스 수요에 영향을 미친다는 결과를 도출하였다.

김구환(2016)은 에너지원간 소비측면에서 대체관계가 있는 전기, 천연가스, 유류간의 상대가격, 소비량 등을 통계적으로 검증함으로써 대체관계 유무와 대체성의 영향 여부를 분석하였다. 분석결과 타에너지원 간 상대가격의 변화는 전기소비량의 변화에 밀접한 관계가 있으며, 대체관계를 보이는 유의성을 보였다. 용도별로 보면, 상대가격에 가장 민감하게 반응하는 것은 일반용으로 나타나고 산업용의 경우에는 덜 민감하게 반응한다는 결과를 얻었다. 이처럼 타에너지 간에는 대체적인 관계가 존재하므로 국가 에너지 소비의 효율성을 위해서는 에너지 간 상대가격에 따른 대체성의 고려는 반드시 필요하다고 주장하였다.

김영덕(2017)은 전력수요가 발전연료의 수요에 어떠한 영향을 미치는지를 실증적으로 분석하였다. 발전연료의 수요 추정식을 발전연료의 가격이 포함되지 않는 추정식을 도출하여 사용하였으며 발전연료의 개별 반응을 살펴볼 수 있도록 발전연료 수요식을 개별로 추정하였다. 추정결과 전력수요 변화에 대해서 경유, LNG, 무연탄, 유연탄 순서로 양(+)의 민감한 반응이 추정되었으나, 경유의 경우에는 다른 연료와 달리 전력수요 변화에 대해서 음의 반응이 추정되었다. 무연탄과 LNG는 여름을 제외하고 전력수요 증가에 대해 민감하게 반응하는 연료로 나타났으며, 유연탄은 가을과 겨울철에 전력수요 변화에 해서 유의한 변화를 나타내지만 탄력성은 다른 연료에 비하여 상대적으로 낮은 것으로 나타났다.

3. 에너지효율에 관한 선행연구

에너지정책의 국가경제적인 중요성과 우리나라가 대부분의 에너지를 해외에서 수입하고 에너지효율이 OECD국가들 중 낮은 편이라는 것을 고려했을 때 에너지효율에 관한 연구가 풍부하지는 않은 편이다. 특히 에너지효율에 관한 학술적 연구는 기술적 효율성을 증진하기 위한 공학적 분야에서의 연구가 주를 이루고 있으며, 경제적 관점에서의 에너지효율에 관한 국내연구는 에너지절약이나 고효율기기 보급 등 국가정책 추진과 관련하여 정책제언 중심으로 국책연구기관에 의해 주로 연구가 수행되어 왔다. 관련 선행연구의 종류로는 정책수립의 전제로서 에너지효율성을 측정하기 위한 지표에 관한 연구, 에너지효율성 정도에 대한 현황 파악 및 정책제언 관련 연구, 에너지효율향상 방안에 대한 연구, 에너지빈곤과 관련된 에너지효율성 개선 연구, 에너지전환 효율에 대한 연구 등이 있다.

박희천(2001)은 에너지효율 향상에 의한 에너지절약을 추정할 수 있는 에너지효율 지표를 개발하고 이를 통하여 에너지 다소비 업종의 에너지절약 규모를 파악하고자 하였다. 기존 부가가치 원단위는 서로 다른 활동부문을 합산할 수 있기 때문에 통합분석에 사용될 수 있으나 에너지소비증가를 구조 및 효율효과로 제대로 구분하지 못하고 있다고 지적하면서 물량생산지수당 에너지소비로 정의되는 조정 물량 에너지 원단위를 사용하여 에너지 원단위 변화에서 구조효과가 분리된 효율효과를 측정하고 이를 통하여 에너지효율 향상에 따른 에너지소비 변화를 추정하였다.

진상현(2008)은 이론적, 실증적 여러 연구사례 검토를 통하여 에너지효율개선정책과 관련해서 정책의 이론적 정당성을 검토하고 반등효과라는 측면에서 정책목표의 실질적인 달성가능성을 살펴보았다. 그 결과 에너지 효율개선정책이 시장 메커니즘을 고려하지 못할 경우 정책효과가 반감되거나 오히려 역효과를 일으킬 수 있다는 것을 확인하였다. 에너지 효율개선정책에서도 전통적인 시장의 실패와 정부의 실패가 그대로 반복되고 있으므로 정부는 시장 메커니즘 하에서 에너지 효율개선정책을 추

진하는 데 있어서 정부의 역할과 한계를 인식하여야 한다고 주장하였다.

이성근 외(2008)는 1990년~2006년을 대상년도로 하여 기온영향이 높은 가정 및 상업부문의 에너지 소비 특성을 감안하여 기온효과를 제거한 후 가정 및 상업 부문의 에너지효율분석을 시도하였다. 가정부문의 경우 전력을 사용하는 가전기기 분야에서 에너지원단위가 악화되는 것으로 분석되었으며 이유는 가전기기의 대형화 및 고급화, 보급률의 급속한 증가를 원인으로 지적하였다. 또한 그간의 에너지효율 정책이 개발과 시행에 모든 노력이 집중되어 온 관계로 에너지의 대부분을 수입에 의존하는 나라에서 국가의 에너지효율을 평가하고 이를 기획단계에 피드백 하는 평가전담기능이 없는 것을 문제점으로 지적하였다.

정용훈(2012)은 에너지효율 향상을 위해서 에너지효율 갭(Gap)의 존재와 원인에 대한 파악 및 에너지효율 정책 시행전후의 성과에 대한 평가가 제대로 이루어져야 하므로 정확한 에너지효율에 대한 측정과 에너지효율에 영향을 미치는 변수들의 파악을 위하여 에너지효율지표인 에너지원단위를 개선할 수 있는 새로운 에너지효율 측정방법(확률변경분석 모형)을 제시하고자 하였다. 또한 제조업 분야에서 측정된 에너지효율과 정책변수들 간의 회귀분석을 통해 정책변수와 에너지효율 간의 관계 분석을 시도하였다.

백흥기 외(2013)는 1차에너지공급에서 최종에너지소비까지 전환손실이 25%에 달한다고 지적하며 전환손실의 약 95%를 차지하는 에너지의 전기화 과정에서 사라지는 에너지에 대한 관심이 필요하다고 주장하였다. 특히 겨울철 난방을 위한 과도한 전력 사용과 같이 불필요한 전력 소비를 조금만 줄일 수 있다면 상당한 경제적 효과가 예상되며 전환손실을 줄이기 위해 공급 측면에서의 효율성 제고 노력, 신기술 개발 투자 확대 외에 에너지 가격체계의 합리적인 조정이 필요하다고 하였다.

김현경(2015)은 저소득층 에너지소비실태 분석 및 에너지복지정책의 현황을 파악하고 두 가지 정책적 시사점을 제시하였다. 에너지비용 과부담이나 적정난방 미달로 에너지빈곤을 정의했을 때, 중위소득 50%이하의 가구가 에너지빈곤층이 될 위험이 높으므로, 점진적으로 중위소득

50%이하로 에너지복지정책의 지원대상을 확대해 갈 필요가 있으며, 에너지 빈곤 해소를 위해 연료비지원, 에너지요금 할인, 효율개선사업 등의 에너지복지 정책이 시행되고 있으나 비용효율적·장기적 관점에서 에너지 빈곤의 근원을 해소하고, 사회 편익적 관점에서 온실가스 감축에도 기여하는 효율개선사업에 정책우선순위를 둘 필요가 있다고 주장하였다.

장우석(2018)은 에너지전환 정책의 구체적 실행단계에서 제기되는 문제점을 살펴보고, 환경비용 반영, 미세먼지 저감, 온실가스 감축 목표를 달성하기 위한 방안을 시뮬레이션을 통해 도출하였다. 추정결과 한전 정산금, 가구당 월 부담액 등 발전비용은 2017년 대비 약 4.7% 증가하였다. 또한 에너지전환 선언이 실효성을 담보하기 위해서는 환경비용을 반영하여 에너지원 가격을 조정하는 한편, 환경편익 목표 달성을 위해 발전량을 조정하는 정책을 병행할 필요가 있다는 정책적 시사점을 제시하였다.

안현호(2019)는 에너지 전환을 효과적으로 추진하기 위해서는 전력공급 차원만 강조하는 것이 아니라 수요관리를 포함해서 사고해야 한다는 문제의식 하에 한국적 상황에서 효과적인 수요관리의 수단으로 에너지효율향상의무화제도를 분석하였다. 수요관리를 에너지 전환의 사고 속에 포함하기 위해 전력원 구성에서 에너지효율화(EE) 개념을 포함해야 한다고 주장하며 에너지효율향상의무화제도(Energy Efficiency Resource Standard : EERS)⁴²⁾를 도입할 때 에너지 전환에 어떤 기여를 할 것인가에 대한 시뮬레이션 결과를 제시함으로써 수요관리 중에서도 EERS에 주목해야 한다고 주장하였다.

42) 에너지 공급자에게 수요관리 의무를 지우는 제도로, 전기·가스·열 공급자가 에너지절감 목표를 부여받아 직접 에너지 효율향상을 도모하는 것임

제 3 절 선행연구의 함의 및 연구의 차별성

본 논문에서는 최종 에너지 소비부문에서 수요대체 관계에 있다고 생각되는 전기와 도시가스의 상대가격 변동이 전기 소비량 변화를 통하여 에너지효율에 과연 유의한 영향을 미치는지 실증분석을 하고자하므로 에너지 요금정책, 에너지원간 수요대체, 에너지효율성 크게 세 분야의 이론적 논의와 선행연구들을 살펴보았다.

에너지 요금정책에 관한 선행연구는 공공요금정책의 문제점을 지적하고 향후 에너지요금정책에 있어 공공성과 함께 경제성과 효율성이 확보되어야 한다는 정책제언이 주를 이루고 있었다.

에너지원간 수요대체에 관한 선행연구들에서는 다양한 자료와 통계방법을 활용한 실증분석을 통하여 수요대체에 영향을 미치는 요인 추정 및 요인별 영향정도를 파악하였고 이를 통하여 에너지원간 가격변화에 따라 수요대체관계가 성립함을 확인하고 있었다. 특히 에너지원간 수요대체 현상은 기온변동성 심화, 전기사용 선호, 공공요금 정책으로 인한 낮은 전기가격 유지 등의 특성으로 전기와 가스 간에 더욱 뚜렷하게 나타난다는 연구들이 있었다. 또한 대부분 연구의 정책제언은 에너지원간 대체관계가 존재하므로 정부가 통합적 시각에서 에너지 정책을 펼쳐야하고 요금 규제 시 자원배분의 효율성을 위하여 왜곡된 가격시그널을 보내지 않도록 해야 한다는 것이었다.

에너지효율성에 관한 선행연구들은 개별 기업, 개별 기기의 기술적 효율성 증진을 위한 연구와 에너지절약이나 고효율기기 보급을 위한 정책수단개발 연구가 주를 이루다가 차츰 기후변화, 에너지전환, 수요관리를 중시하는 영향으로 에너지효율성 향상 방안 모색과 이를 위해서 정확한 측정지표를 찾기 위한 연구들이 나타났다. 비교적 최근에는 에너지 원단위 개선차원에서 1차에너지와 최종에너지 간 에너지전환 효율에 관한 연구도 있었다.

이상 선행연구들의 검토를 통해 다음과 같은 부분이 연구되지 않았음을 발견할 수 있었다.

첫째, 대부분의 선행연구가 에너지요금정책과 에너지원간 대체수요 관계는 연계시키고 있는데 이를 에너지효율성 연구로까지 연결시키고 있지 않다. 즉 에너지원간 대체수요 연구가 곧 가격 변화에 따른 에너지원간 수요변동 연구이기 때문에 대부분의 연구들이 가격에서 에너지요금정책 연구로는 자연스럽게 연계를 시키는데 에너지효율성 관련 연구까지는 논의를 확장하지 못하고 분절되어 있다.

둘째, 에너지효율성 관련 연구의 경우에도 에너지효율 향상을 위한 개선방안 연구도 기기나 건물의 효율성 향상 관련 논의에 머물고 있어 과거와 크게 달라지지 않은 모습이다. 이러한 시각은 정부의 에너지계획에서도 확인할 수 있는데 에너지원간 수요대체 관계에 대한 통합적 시각이나 에너지효율개선을 위한 새로운 시각이 반영된 정책은 찾기 어려운 것 같다. 제3차 에너지기본계획의 중점 추진과제에 ‘가격체계 합리화를 통한 에너지소비효율 개선’이라는 목표가 있기는 하나 세부내용을 들여다 보면 전기와 도시가스 요금 각각의 합리화를 추진하겠다는 것과 외부비용을 반영하여 발전용 연료의 상대가격을 조정하겠다는 내용이며, 에너지효율 개선을 위한 추진계획의 경우에도 목표에너지원단위 관리제 도입, 고효율 기기보급, 에너지관리시스템 도입 등 과거 에너지효율 개선을 위한 정책수단과 근본적으로 달라지지 않은 것으로 보인다. 우리나라의 1차에너지에서 최종에너지로 전환되는 과정에서의 손실이 25%나 되고 손실의 대부분이 전기화 과정에서 발생한다는 점을 고려해볼 때 에너지효율 향상을 위한 추진과제로 전기화 과정의 전환손실 감소에 대한 정책수단 개발과 연구가 반드시 필요하다고 생각한다.

셋째, 드물기는 하지만 1차에너지에서 전기로 전환되는 과정에서 사라지는 에너지에 대한 관심이 필요하다는 연구(백흥기·안중기, 2013)와 1차에너지가 전기화 되는 여러 가지 이유 중에 낮은 전기요금으로 인해 동절기 난방용 도시가스가 전기난방으로 전환되는 현상이 그 이유 중의 하나라는 연구가 있기는 하였으나 1차에너지에 대한 최종에너지의 대체수요가 에너지효율성에는 어떤 영향을, 얼마나 미치는 지에 대한 실증연구는 찾을 수 없었다. 에너지효율 개선에 영향을 미치는 주요요인 및 그

영향정도를 파악하는 것은 기존의 백화점식, 나열식의 막연한 에너지효율 개선정책에서 나아가 실증분석을 기반으로 보다 효과적으로 에너지효율 정책을 추진해 나가는 데 도움이 되리라 생각한다. 그러기 위해서는 다양한 에너지원들과 다양한 분석기간을 대상으로 한 많은 실증연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 선행연구에서 아직 연구되지 않은 부분인 에너지 상대가격 변화에 따른 수요대체와 에너지효율성 연구의 연계, 에너지효율성 향상을 위한 새로운 정책수단의 고려 필요성, 에너지원 간 요금디자인이 에너지효율에 미치는 영향에 대한 실증연구 필요성에 대한 인식하에 전기와 가스의 상대가격 차이가 에너지효율에 어떤 영향을 미치는지 16년간의 월별 시계열 자료를 이용하여 계량분석을 하였다. 본 연구는 전기와 가스의 수요대체 관계를 단순히 에너지원간의 수요대체 관계나 개별기업의 재무성과에만 영향을 미치는 관계로만 바라보지 않고 1차에너지와 2차에너지(최종에너지) 간의 수요대체 관계로 그 시각을 확장하고, 1차에너지 수요가 전기로 전환되는 과정에서의 에너지효율성 저하에 주목하여 이를 개선하기 위한 정책수단으로 에너지요금정책을 활용할 수 있다는 정책적 시사점을 제공할 것이다. 즉 에너지정책 입안자들로 하여금 국가 에너지자원 사용의 효율성이라는 관점에서 에너지원간 요금정책을 바라볼 수 있는 시각을 제공해 줄 것이다. 또한 본 연구의 결과는 정부가 제3차 에너지기본계획의 주요 목표 하에 에너지전환, 수요관리, 에너지효율 향상 등 여러 제도 및 프로그램을 수행해 나가는 데 있어서 개별 에너지원에 대한 관리에 초점을 맞출 것이 아니라 여러 에너지원간의 관계를 종합적, 입체적으로 고려하여 정책을 추진하도록 하는 데에도 도움을 줄 것이다. 다만 본 연구는 1차에너지와 2차에너지 간의 상대가격으로 인한 수요대체 관계가 에너지효율에 미치는 영향을 전기와 가스의 관계 속에서만 검토하였으므로 시론적 연구로서 의의를 가지며 향후 더 다양한 에너지원간의 관계에 대한 연구가 필요하리라 생각한다.

제 3 장 연구 설계

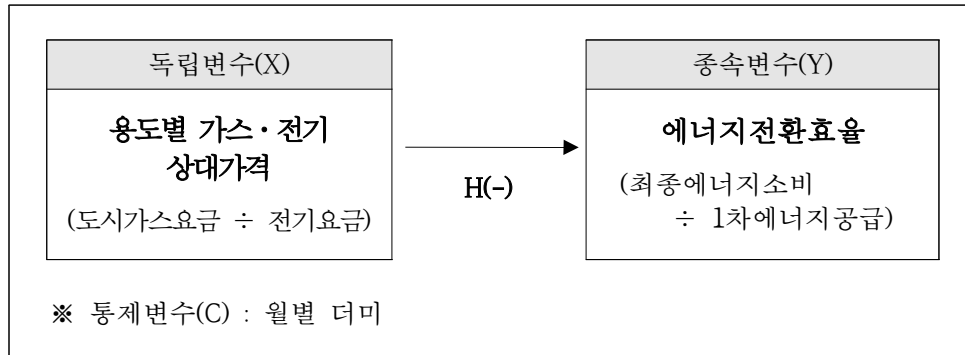
제 1 절 연구의 분석틀

1. 연구모형

본 연구는 전기와 가스의 요금변동으로 인한 상대적인 가격차이가 국가의 에너지효율에 어떤 영향을 미치는지 탐색하는 데에 목적이 있다. 난방연료로서 전기와 도시가스와 같이 경쟁관계에 있는 연료 간의 상대가격이 변화하면 전기소비와 가스소비 간에 수요대체가 일어날 것이므로 그로 인하여 국가의 에너지효율에는 어느 정도 영향을 미치는지 실증분석을 해보고자 하였다.

통상 전기요금은 물가안정 및 수출경쟁력 강화를 위해 정책적으로 낮은 수준으로 유지되어 온 반면 가스요금은 원료비연동제에 의해 어느 정도 원가의 변동성이 반영되고 있다. MJ로 두 에너지원의 단위를 통일했을 경우 절대가격은 전기가격이 도시가스가격 보다 높은 수준이지만 두 에너지원간의 상대적인 가격차이가 작아지는 경우, 즉 가스가격이 상승하거나 전기가격이 하락하는 경우에 도시가스 수요의 일부가 전기수요로 전환되는 모습이 관찰된다. 그런데 1차에너지인 도시가스수요가 전환과정에서의 손실이 큰 2차에너지인 전기수요로 대체되는 이러한 변화는 결국 도시가스로 난방 했을 때와 동일한 열량을 내는 전기에너지를 사용하기 위해서 석탄, 석유, 가스, 원자력 등 전기를 만드는 원료인 1차에너지를 더 많이 투입해야 하는 비효율을 초래한다. 이러한 관계를 증명하기 위한 본 연구의 분석틀을 그림으로 나타내면 [그림3-1]과 같다.

[그림 3-1] 연구 분석틀



전기와 도시가스 모두 용도별 부하패턴의 차이에 따른 공급원가의 차이를 반영하기 위하여 부하패턴이 유사한 소비 부문별로 용도를 구분하여 요금을 부과하고 있다⁴³⁾. 본 연구에서는 전기나 도시가스 모두 용도별로 소비행태가 다르므로 용도별로 분석을 진행하되 용도 중에서도 주택용, 일반용, 산업용 수요가 전체 소비의 대부분을 차지하므로 이들 세 가지 용도를 중심으로 분석을 하였다.

또한 우리나라는 4계절이 뚜렷하여 기온변화에 따라 냉방 및 난방용으로 사용하는 에너지 소비량이 매우 크다. 특히 2008년 이후로는 동절기에 전력수요피크가 발생되어 전력소비에 있어 동절기 난방수요가 급증하고 있다. 이에 계절에 따라 도시가스 수요를 전기수요가 대체하는 정도가 달라질 것으로 예상되므로 계절성을 검증하고 통제하기 위한 방법으로 월별더미 변수를 사용하였다.

한편 우리나라 에너지기본계획에서는 에너지효율성을 나타내는 지표로 ‘에너지원단위’를 사용하고 있지만 GDP가 분기별로 발표되어 GDP와 1차에너지의 함수인 에너지원단위 또한 분기별 자료밖에 존재하지 않는다. 따라서 독립변수인 가스·전기 상대가격 데이터와의 분석대상 주기의 일치를 위하여 월별 데이터가 존재하는 1차에너지공급에 대한 최종에너지소비 비율로 ‘에너지전환효율’을 조작적 정의하고 에너지효율성을

43) 전기는 주택용, 일반용, 산업용, 농사용, 가로등, 교육용, 심야전력으로 분류되며, 도시가스(도매)는 주택용, 업무난방용, 일반용, 냉난방공조용, 산업용, 열병합용, 연료전지용, 열전용설비용, 수송용으로 분류하고 있음

검증하기 위한 종속변수로 사용하였다.

2. 연구가설

‘전기와 가스의 상대가격 변화가 전기 수요대체를 통하여 에너지효율에 영향을 주는가?’ 라는 연구문제에 답하기 위하여 다음과 같은 가설을 수립하였다.

- 가설(H) : 가스·전기의 상대가격 상승은 국가 에너지전환효율을 악화시킬 것이다. (도시가스의 전기에 대한 가격비 상승 또는 가스요금에 대한 전기요금의 상대적 하락은 전기소비량을 증가시킴으로써 1차에너지 공급을 증가시키고 결국 국가 전체의 에너지효율을 악화시킬 것이다.)
- 가설1(H₁) : 주택용 가스·전기의 상대가격 상승은 국가 에너지전환효율을 악화시킬 것이다.
- 가설2(H₂) : 일반용 가스·전기의 상대가격 상승은 국가 에너지전환효율을 악화시킬 것이다.
- 가설3(H₃) : 산업용 가스·전기의 상대가격 상승은 국가 에너지전환효율을 악화시킬 것이다.

전기요금 상승을 억제하여 도시가스가격 대비 전기가격이 상대적으로 하락할 경우 전기 수요가 도시가스 수요의 일정부분을 대체하여 전기의 소비량은 증가하고 도시가스의 소비량은 감소하며 이러한 수요대체 현상은 산업용 보다 난방용 수요가 많은 주택용 및 일반용 수요에 있어 두드러진다.⁴⁴⁾ 그런데 도시가스로 하던 난방의 일부를 상대적으로 저렴해진

44) 가스·전기 상대가격에 의한 전기소비량 변화 회귀분석 결과

구 분	주택용	일반용	산업용	용도합
모형설명력	46.9%	94.4%	97.8%	97.5%
계수값 및 유의여부	0.640 ***	0.365 ***	0.126 ***	0.353 ***

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

전기보조난방으로 대체하는 경우 소비자 입장에서는 같은 열량의 에너지를 최종적으로 사용하는 것이지만 에너지 생산과정에 있어서는 투입되는 1차에너지의 공급을 더 늘려야 한다. 왜냐하면 도시가스 난방을 할 경우에는 천연가스라는 1차에너지를 복잡한 가공과정 없이 그대로 최종에너지로 사용하지만 전기난방을 할 경우에는 원자력, 석탄, 석유, 천연가스, 신재생에너지 등의 1차에너지를 투입하여 발전이라는 가공과정을 거쳐 전기라는 최종에너지로 만들어 내야하는데, 전기는 생산과정에서의 효율이 낮기 때문에 그만큼 투입시키는 1차에너지의 양을 늘려야하기 때문이다⁴⁵⁾. 따라서 전기요금이 상대적으로 하락할 경우 전기소비 증가로 최종 에너지 사용량이 증가하는 동시에 전기라는 형태의 최종에너지 생산을 늘리기 위해 그보다 더 많은 1차에너지를 투입해야 하므로 도시가스를 사용할 때에 비하여 최종에너지 증가 속도 대비 1차에너지공급 속도가 더 빨라 에너지전환효율이 나빠질 것으로 예상된다.

3. 변수설명

1) 독립변수 (X) : 용도별 도시가스와 전기의 상대가격

전기요금체계는 주택용, 산업용, 일반용(상가 및 공공건물), 농사용(농·어업), 교육용, 가로등의 6가지 용도로 분류되고 전기요금은 각 계약종별, 전압, 계절, 시간대 등에 따라 다르다. 전력요금은 보통 1년에 한번 계약종별로 차등조정 되고 있다.

도시가스⁴⁶⁾의 도매요금 체계는 주택용, 업무난방용, 일반용, 냉난방공조용, 산업용, 열병합용, 연료전지용, 열전용설비용, 수송용으로 분류되고

45) 최종에너지는 최종소비자가 직접 사용한 1차에너지와 전환과정을 거친 2차에너지로 구성되는데 도시가스는 최종소비자가 직접 사용한 1차에너지로서 최종에너지의 일부를 구성하고, 전기는 1차에너지가 발전이라는 전환과정을 거친 2차에너지로서 최종에너지의 일부를 구성함

46) 가스는 발전용과 도시가스용으로 나눌 수 있으며 본 연구에서 ‘도시가스’ 라고 하지 않고 그냥 ‘가스’ 라고만 하여도 발전용 가스를 제외한 도시가스용 가스를 지칭하는 것임

가스요금은 각 계약종별, 계절별⁴⁷⁾로 차등이 있다. 도시가스용 원료비는 원료비연동제의 적용을 받으며 공급비는 1년에 한번씩 조정된다.

본 연구의 독립변수는 용도별 도시가스와 전기의 상대가격이다. 상대가격은 두 에너지원의 변화를 하나의 수치로 나타낼 수 있다는 장점이 있다. 우선 전기와 가스의 상대가격을 산출하기 위해서는 동일한 기준으로 환산한 용도별, 월별 도시가스요금과 전기요금을 산출한 후 그 비율을 구하면 된다. 통상 다른 종류의 에너지를 비교 시 에너지 단위의 통일이 필요한데 본 연구에서는 전기가격의 단위는 원/kWh이고, 도시가스가격의 단위는 2012년 6월 이전에는 원/m³이었고, 2012년 7월 이후에는 원/MJ이었으므로 에너지경제연구원에서 작성하는 에너지수급통계의 환산기준⁴⁸⁾을 적용하여 MJ⁴⁹⁾ 단위당 가격으로 통일하여 사용하였다.

다음 단계로 전기와 가스의 용도별 상대가격은 도시가스의 MJ당 가격을 전력의 MJ당 가격으로 나눈 값을 사용하였다. 즉, 주택용 도시가스와 전기의 상대가격은 주택용 도시가스의 MJ당 가격을 주택용 전기의 MJ당 가격으로 나눈 값을 사용하고, 일반용 도시가스와 전기의 상대가격은 일반용 도시가스의 MJ당 가격을 일반용 전기의 MJ당 가격으로 나눈 값을 사용하였으며, 산업용 도시가스와 전기의 상대가격은 산업용 도시가스의 MJ당 가격을 산업용 전기의 MJ당 가격으로 나눈 값을 사용하였다.

한편, 전기 요금의 경우 전국이 동일하나 도시가스 요금은 지역마다 차이가 있다. 한국가스공사가 공급하는 도시가스의 도매요금은 전국이 동일하지만 소매요금은 한국가스공사의 도매요금에 지역별 도시가스사의 공급비용을 합산하여 산정되는데 도시가스사별로 모두 다르기 때문이다. 당초 도시가스 요금을 한국가스공사 도매요금에다 지역 도시가스사들의

47) 계절별 차등은 일반용, 냉난방공조용, 산업용, 열병합용에 적용

48) 에너지경제연구원에서 작성하는 에너지수급통계는 에너지법 시행령 제15조제1항에 따라 정하는 에너지열량환산기준 중 총 발열량을 적용하며, IEA 등 일부 국가에서는 목적에 따라 순발열량을 적용하는 경우도 있음. 에너지열량환산기준은 1980년 이후 6차에 걸친 개정이 있었으며, 2007년부터는 2006년에 제정된 에너지법에 따라 매 5년마다 작성·공포함(에너지법 시행규칙 제5조 제2항)

49) 1MJ=10⁶J. 줄(joule)은 에너지 또는 일의 국제단위로 1뉴턴의 힘으로 물체를 1미터 이동하였을 때 한 일이나 이에 필요한 에너지임

전국 평균 공급비용을 더하여 산출한 후 전기요금과 비교하는 것을 고려하기도 하였으나 본 연구에서의 도시가스 가격은 최종적으로 소매가격이 아닌 한국가스공사의 도매가격을 사용하였다는 점을 밝혀둔다. 소매공급비가 최종 도시가스 요금에서 차지하는 비율이 낮고, 평균으로 된 소매공급비를 도매요금에 합산하는 것이 오히려 가스요금의 등락 폭을 잘 반영하지 못할 우려가 있으며, 가스·전기의 상대가격 자체가 각 에너지원간의 가격 등락의 상대적인 움직임을 보고자 하는 것이므로 도시가스사의 소매공급비를 제외한 가격을 사용하여도 연구결과에는 큰 차이가 없을 것으로 생각하였기 때문이다.

본 연구에서 도시가스와 전기의 상대가격 변화를 용도별로 분석하는 이유는 소비자의 소비행태에 따라 도시가스나 전기의 소비량이 달라지고 공급원가에도 차이를 발생시키기 때문에 유사한 수요패턴을 보이는 소비자별로 분류해 놓은 용도별 요금을 분석에 반영할 필요가 있고 수요대체는 동일 용도를 사용하는 소비자 간에 주로 발생할 것이기 때문이다. 도시가스와 전기의 여러 용도들 중에서 본 연구에서는 도시가스와 전기 모두 수요 면에서 큰 비중을 차지하는 주택용, 일반용, 산업용 세 가지 용도를 분석의 대상으로 하였다. 2018년 기준 도시가스 주택용, 일반용, 산업용 수요는 각각 42.0%, 8.6%, 34.8%로 세 가지 용도의 도시가스 소비의 합은 전체 도시가스 소비의 85.4%를 차지한다. 그리고 2018년 기준 전기의 주택용, 일반용, 산업용 수요는 각각 13.9%, 22.2%, 55.7%로 세 가지 용도의 전기 소비의 합은 전체 전기 소비의 91.8%를 차지한다.

도시가스 주택용 수요는 주로 취사와 난방을 위해 사용되고 있고, 주택용 전기 수요도 하절기에는 냉방수요로, 동절기에는 난방수요로 인한 사용량 증가가 크므로 상대가격에 따른 수요변화가 클 것으로 보인다.

도시가스 일반용 수요는 다양한 용도로 사용되어진다. 기업체의 업무 난방용 수요, 음식점, 이미용업, 욕탕업, 폐기물 처리(소각, 건조), 급탕전용, 급식시설, 세탁용, 의료시설의 소독용, 숙박용, 열병합 발전용 등 주택용과 산업용 수요를 제외한 모든 수요가 일반용으로 산정된다. 전기 수요도 기업체나 서비스업에서 사용하는 냉난방 수요 등 도시가스의 일

반응 수요와 용도 면에서 유사한 면이 많다.

도시가스 산업용 수요는 주로 산업체의 제조공정용과 냉난방용으로 사용되고 있고, 전기 수요도 산업체에서 제조공정용과 냉난방용을 위해 사용하고 있다. 따라서 산업용 수요는 제조공정에서는 전기와 가스라는 물적 성질의 차이로 인해 대체가 많이 발생하지 않을 것으로 보이며 냉난방 수요에는 상대가격에 따라 소량의 수요대체가 발생할 것으로 보인다.

2) 종속변수 (Y) : 에너지전환효율

전기와 가스의 상대가격 변화로 일어나는 수요대체 현상이 에너지효율에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위해서는 에너지효율성을 잘 타나내 줄 수 있는 종속변수가 필요하다.

일반적으로 에너지효율(Energy Efficiency)은 엔진, 녹색식물, 터빈 등의 에너지변환기에서 소비된 에너지에 비하여 실질적으로 유효에너지로 사용되는 부분은 어느 정도 되는가, 즉 투입한 에너지에 대해 이용할 수 있는 에너지의 비를 말하며, 에너지가 전환되는 과정에서 손실되는 에너지의 양이 어느 정도인지를 나타낸다.

에너지 투입대비 산출의 효과성을 말해주는 에너지효율성을 나타내주는 지표로는 1인당 에너지사용량, 가구당 에너지사용량, 건물면적당 에너지사용량 등 여러 가지가 있는데, 국가에너지기본계획에서는 에너지효율을 측정하기 위하여 ‘에너지원단위’라는 지표를 사용하고 있다. 에너지원단위(Energy Intensity)는 한 국가경제의 에너지효율성을 나타내는 척도로 GDP당 에너지 소비량으로 표시하며 높을수록 에너지 효율성이 낮은 것을 의미한다.

$$\text{에너지원단위(TOE/천\$)} = \text{에너지소비(TOE)} / \text{총부가가치(GDP)}$$

그런데 경제활동에 투입된 에너지소비의 효율성을 평가하는 지표인 에너지원단위를 에너지효율을 나타내는 변수로 본 연구에서 그대로 사용하기에는 몇 가지 문제점이 있다. 우선 한국은행이 발표하는 GDP 통계가 분기단위이기 때문에 에너지원단위 통계 역시 분기단위만 있어 다른 변

수들과 연계하여 월별 변동성을 파악하기에는 부적합하다. 또한 에너지 원단위는 에너지이용효율뿐만 아니라 산업구조형태, 부가가치 정도 등 너무나 다양한 요인의 영향을 받기 때문에 전기·도시가스의 상대가격 변화에 의한 수요대체가 에너지효율에 미치는 영향을 파악하기에는 너무 간접적이어서 인식측면에서도 직관적이지 않다. 따라서 본 연구에서는 에너지효율을 측정하기 위하여 ‘에너지전환효율’이라는 지표를 만들어 변수로 사용하였으며 에너지전환효율은 월별 1차에너지공급 총량에 대한 월별 최종에너지소비 총량의 비율로 조작적 정의를 하였다.

$$\text{에너지전환효율(\%)} = \text{최종에너지 소비} / \text{1차에너지 공급} \times 100$$

한 국가의 에너지균형식(energy balance)⁵⁰⁾은 ‘1차에너지공급(100%) = 최종에너지소비(X%) + 전환손실(1-X%)’로 표현될 수 있다. 석유 등 1차 에너지를 다른 형태의 에너지원으로 전환하여 최종 소비자에게 분배하는 과정에서 전환손실이 발생하는데 특히 전환손실의 약 95%는 전력 생산과 관련되어 있다고 한다. 에너지균형식으로부터 에너지전환손실이 클수록 1차에너지 대비 최종에너지의 비율이 낮아져 에너지효율이 악화된다는 것을 알 수 있는데 1차에너지 형태 그대로 최종에너지로 소비되어 에너지전환손실이 적은 도시가스의 수요 대신, 1차에너지를 발전이라는 과정을 거쳐 전기라는 최종에너지로 가공하는 과정에서 전환손실이 큰 전기의 수요량이 증가하면 에너지효율 악화는 불가피해진다. 도시가스와 동일한 정도의 에너지를 전기로 사용하기 위해서는 전환과정의 높은 손실 때문에 발전원료인 1차에너지를 더 많이 투입해서 전기를 생산해야하기 때문이다.

3) 통제변수 (C) : 월별 더미변수

전기수요나 도시가스 수요는 기온변화에 민감하게 반응한다. 기온은 하루 동안에도 수시로 변할 뿐 아니라 변하는 폭이 매우 커서 이러한 변화에 전

50) 에너지 수급통계 작성에서 일정한 기간에 일정한 지역의 에너지 투입과 산출 간의 균형을 나타내는 식

기와 도시가스 수요는 민감하게 변화한다. 같은 기간이라 하더라도 최고기온, 최저기온, 평균기온 등이 있어 특정 하나의 값으로 변수를 설명하기에는 기온변화로 인한 도시가스 수요대체 효과가 왜곡될 수 있다. 이에 분석하고자 하는 기간의 월별 기온을 대체할 수 있는 월별 더미 변수를 1월을 기준으로 하여 11개를 생성하고 이를 이용하여 회귀분석을 하였다.

한편, 시계열변수들을 사용하여 분석할 경우 시계열 데이터는 장기적으로 증가하는 추세가 있으므로 일반적으로 이의 영향을 제거하기 위한 통제가 필요하다. 그러나 본 연구에서는 독립변수인 상대가격과 종속변수인 에너지전환효율이 상대변화를 나타내는 비율로 이미 설정되어 있어 추세를 제거하기 위한 별도의 통제변수는 사용하지 않았다.⁵¹⁾

제 2 절 자료수집 및 분석방법

1. 자료수집 및 단위

본 연구에서 사용한 자료들은 2003년 1월에서 2018년 12월까지의 월별 시계열 자료로 관측치 수는 총 192개이다. 분석대상기간을 2003년 이후로 한 것은 2001년 4월 전력산업 구조개편으로 전력거래 시장이 형성되었기 때문에 이후 경제급전 방식으로 발전용 연료수요에 큰 변동이 있었으며, 도시가스용 천연가스 수요 또한 2002년 전국 주요도시의 배관구축사업이 완료되었기 때문이다.

또한 도시가스와 전기의 수요대체에 가장 큰 영향을 미치는 원인이라 생각되는 냉난방수요의 경우 계절성이 크므로 연구의 효과성과 타당성을 높이기 위하여 월 단위로 자료를 수집하였다. 월은 판매량 집계 및 요금 청구의 기간 단위이자 원료비 등 요금산정의 기간 단위와 일치하므로 적절하다고 생각한다.

그리고 도시가스와 전기 관련 자료들은 모두 용도별로 수집하였는데

51) 실제로 소비자물가지수, 산업생산지수 등을 통제변수로 추가하여 분석한 결과 모형의 설명력(Adj.R² 값의 변화)을 크게 높여주지 못하였음

용도별로 요금이 다르고 소비행태가 달라지며 이에 따라 수요패턴과 수요대체율도 달라지기 때문에 용도별로 구분하여 비교하는 것이 유용할 것으로 보았기 때문이다.

본 연구에서 용도별 가스·전기 상대가격을 산출하기 위한 용도별 도시가스 요금은 한국가스공사 용도별 도매가격 자료를 사용하였으며 용도별 전기요금은 국가에너지통계종합정보시스템(KESIS)에서 제공하는 계약종별 전력단가 자료를 사용하였다. 에너지전환효율을 산출하기 위한 1차에너지 공급량 자료는 국가에너지통계종합정보시스템(KESIS)에서 제공하는 1차에너지 공급 자료를 사용하였으며 최종에너지소비량 또한 동일시스템의 최종에너지 소비 자료를 사용하였다.

수집대상 자료 및 자료출처는 [표 3-1]과 같으며 수집된 자료를 바탕으로 전기와 도시가스의 용도별 상대가격변화가 에너지전환효율에 미치는 영향을 검증하였다.

[표 3-1] 수집 대상자료 및 자료출처

구 분	수집 대상자료	자 료 출 처
에너지 전환효율 자료	<ul style="list-style-type: none"> • 1차에너지공급량 • 최종에너지소비량 	<ul style="list-style-type: none"> • 국가에너지통계종합정보시스템(KESIS) ‘1차에너지 공급(월간, TOE 단위)’ 자료 • 국가에너지통계종합정보시스템(KESIS) ‘최종에너지 소비(월간, TOE 단위)’ 자료
용도별 전기와 도시가스 상대가격 자료	<ul style="list-style-type: none"> • 용도별 전기요금 • 용도별 도시가스요금 	<ul style="list-style-type: none"> • 국가에너지통계종합정보시스템(KESIS) ‘계약종별 전력단가(월간, 원/kWh단위)’ • 한국가스공사 ‘용도별 도매가격(월간, 2012.6 이전 원/m³단위, 2012.7이후 원/MJ 단위)’

본 연구에서는 가스와 전기라는 서로 다른 종류의 에너지를 비교하여야 하므로 정확한 통계분석을 위해서는 서로 다른 에너지원간의 단위

를 정확한 환산계수를 사용하여 통일한 후 비교하는 것이 중요하다.

전력단가 데이터의 경우 자료출처에 원/kWh의 단위로 되어 있고, 도시가스 데이터의 경우는 2012년 가스열량범위제 시행으로 2012년 6월 이전에는 자료출처에 부피단위인 원/Nm³ 단위로 되어 있고 2012년 7월 이후에는 열량단위인 원/MJ 단위로 되어 있다. 따라서 도시가스와 전기의 상대가격을 구하기 위하여 각각의 데이터를 원/MJ로 단위를 통일하였다. 그리고 최종에너지소비량 및 1차에너지공급량 데이터는 자료출처에서 사용한 TOE단위를 그대로 사용하였다.

[표 3-2] 통계분석을 위한 환산단위

구 분	자료출처에 사용된 단위	본연구의 통계분석을 위한 환산단위
전력 단가	원/kWh	원/MJ (1kwh=859.85kcal, 1cal=4.186109J)
도시가스 단가	2012.6 이전 원/Nm ³ 2012.7 이후 원/MJ	원/MJ (2003~2006 1Nm ³ =10,500kcal 2007~2012.6 1Nm ³ =10,550kcal 1cal=4.186109J)
최종에너지 소비량	TOE	좌 동
1차에너지 공급량	TOE	좌 동

도시가스의 열량환산에 있어 2012년 6월 이전에는 부피단위인 Nm³⁵²⁾를 사용하였고 따라서 부피단위를 에너지단위로 환산하기 위하여 에너지법 시행령 제15조 제1항에 따라 정하는 에너지열량환산기준⁵³⁾에 따라 시기별 총발열량⁵⁴⁾을 적용하였다.

52) 도시가스 단위인 Nm³은 0℃ 1기압(atm) 상태의 부피 단위(m³)를 말함

53) 에너지열량환산 기준은 1980년 이후 6차례에 걸친 개정이 있었으며, 2007년부터는 2006년에 제정된 에너지법에 따라 매 5년마다 작성·공표함

54) LNG 총발열량 추이 (에너지법 시행규칙 제5조 제2항 ' 17.12.28 개정)

구 분	단위	총발열량(kcal)*			
		1990	2007	2012	2017
도시가스(LNG)	Nm ³	10,500	10,550	10,430	10,290

* 연료의 연소과정에서 발생하는 수증기의 잠열을 포함한 발열량

2. 분석방법

데이터 분석 및 검증방법으로는 용도별 gas와 전기의 상대가격, 최종 에너지소비, 1차에너지공급의 월별 시계열자료로 STATA 13.0 프로그램을 사용하여 계량분석을 시행하였다.

우선 각 변수별 기초통계분석을 시행하여 변수 값의 특성 및 정규분포 정도를 파악하고, 변수별 시계열그래프를 통하여 시계열 데이터의 추세와 변화 패턴을 파악하였으며, 각 변수간의 상관성 및 다중공선성을 알아보기 위해 ‘scatter plot’ 작성 및 상관관계 분석을 하였다.

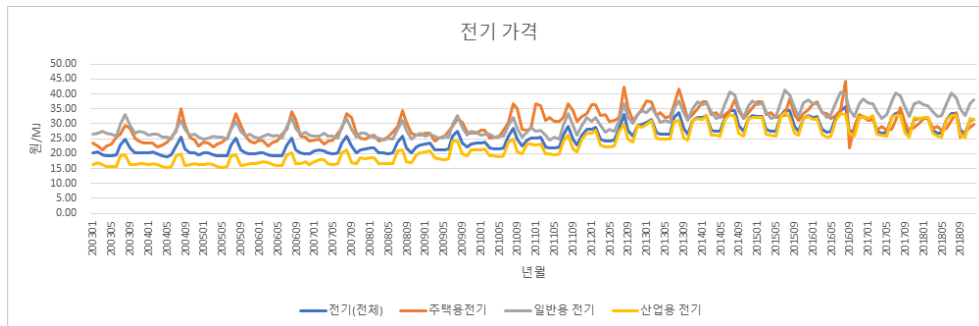
다음으로 gas와 전기의 상대가격 변동이 에너지효율에 미치는 영향을 분석하기 위해 다중회귀분석을 통해 변수들 간의 영향정도 및 통계적 유의성을 파악하였다. 이때 전기소비량 증감을 통하여 gas·전기 상대가격 변동이 에너지전환효율에 영향을 미치므로 전기소비량 변화의 계절적 특성을 통제하기 위하여 월별 더미 변수를 모형에 반영하여 분석하였다.

제 3 절 자료에 대한 설명

1. 도시가스 가격 및 전기 가격

우선 2003년 1월부터 2018년 12월까지 원/MJ로 환산한 매월 전기가격 변화를 용도별로 살펴보면 [그림 3-2]와 같다. 전기가격은 전체적으로는 완만하게 상승하고 있으나 2014년 이후는 거의 큰 변동이 없다. 용도별로 가격차이가 큰 편이고 특히 산업용이 주택용 대비 저렴하나 과거에 비하여 그 차이는 점점 좁혀지고 있고 최근에는 거의 비슷한 수준이다. 전기요금은 압력, 부하, 계절에 따라 차등이 있는데 과거와는 달리 하절기뿐만 아니라 동절기 전력수요가 늘어남에 따라 2009년 이후에는 동절기에 전력피크가 발생하고 있고 이런 추세에 따라 2011년 이후부터 동절기 가격이 높게 형성되고 있다는 것을 알 수 있다.

[그림 3-2] 용도별 전기가격 변화



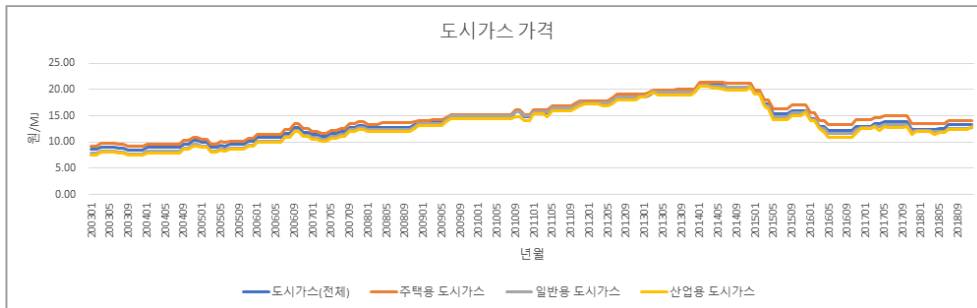
다음으로 2003년 1월부터 2018년 12월까지 매월 도시가스 가격 변화를 용도별로 살펴보면 [그림 3-3]와 같다. 도시가스 가격은 완만하게 상승하다가 2015년 이후 하락하는 모습을 보여주고 있다. 수입 LNG가격은 유가에 대부분 연동되고 도시가스 가격은 원료비 연동제에 의하여 2개월에 한번 조정이 되기 때문에 동일본 대지진으로 유가⁵⁵⁾가 크게 상승하였던 2011년부터 상승하다가 2015년 이후 유가 하락에 따라 도시가스 가격도 하락하는 모습을 보여주고 있다. 용도별 가격 차이는 전기에 비하면 상대적으로 크지 않다. 그리고 도시가스 요금의 경우 일반용과 산업용은 공급비에 있어 계절별 차등이 있으나 원료비에 비하여 공급비의 비중이 크지 않아⁵⁶⁾ 두드러져 보이지 않는다.

55) 두바이유 가격 변화(단위 : dollar/barrel)

년 도	2003	2005	2008	2011	2013	2015	2017
가 격	26.80	49.59	94.29	105.98	105.25	50.69	53.18

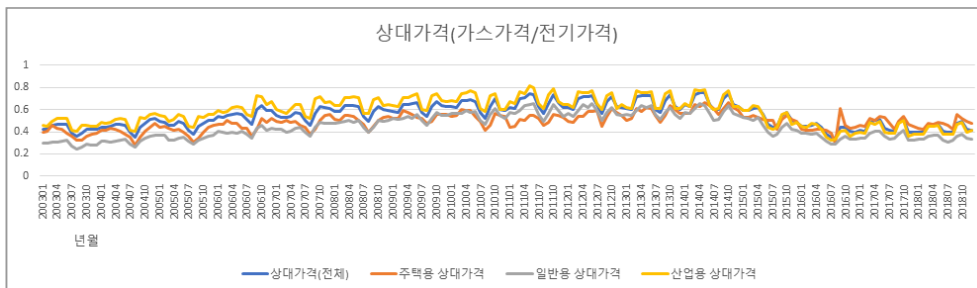
56) 2018년 7월 1일 기준 한국가스공사의 평균공급가격은 13.23원/MJ이고 이 중 원료비 11.95원/MJ를 제외한 공급비는 1.28원/MJ로 공급비는 전체 도매가격의 9.7%를 차지함

[그림 3-3] 용도별 도시가스 가격 변화



2003년 1월부터 2018년 12월까지 매월 도시가스와 전기의 상대가격 변화를 용도별로 살펴보면 각각 [그림 3-4]와 같다. 2014년까지는 요금 상승이 상대적으로 억제된 전기가격 대비 연동제의 적용을 받는 도시가스 가격의 상승으로 가스·전기의 상대가격도 완만하게 상승하다가 2015년 이후 유가하락에 따른 천연가스 요금하락으로 상대가격도 하락하는 모습을 보여주고 있다.

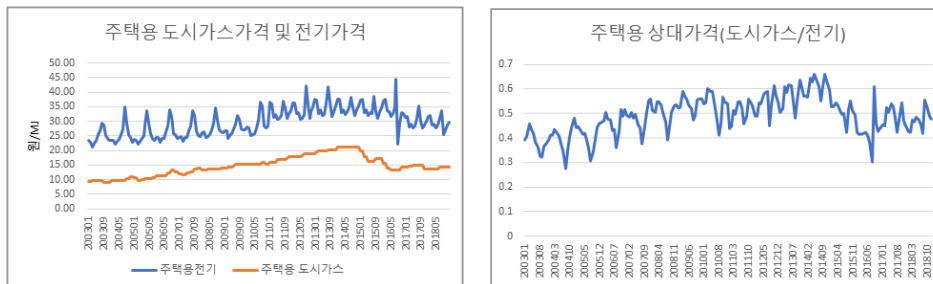
[그림 3-4] 용도별 가스·전기 상대가격 변화



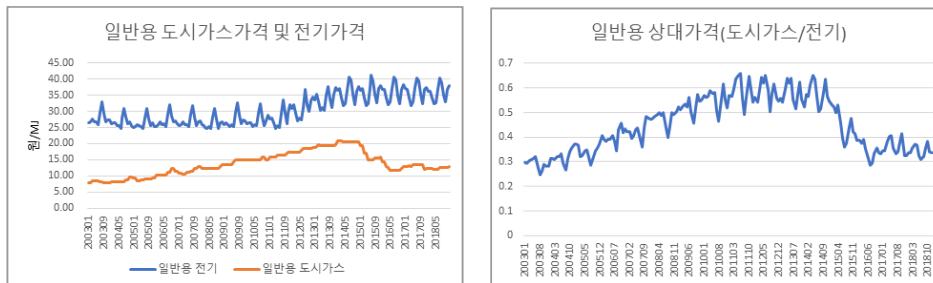
이를 용도별로 좀 더 자세히 살펴보면 각각 [그림 3-5], [그림 3-6], [그림 3-7]과 같다. MJ로 단위를 통일한 요금은 전기가격이 도시가스 가격 보다 높은 수준이다. 모든 용도에서 정도의 차이는 있으나 도시가스 요금은 2011년까지 완만히 상승하다가 2014년까지 좀 더 높게 상승하고 2015년 이후 급격히 하락 후 2017년 이후는 유지하는 모습을 보여준다. 한편 전기는 주택용 전기요금의 상승폭이 다른 용도에 비하여 상대적으

로 컸으나 2010년대 후반에는 오히려 요금이 인하되고 있다. 도시가스요금과 전기요금의 등락에 따라 상대가격도 변동되는데, 도시가스요금에서 전기요금을 나누어 산출한 가스·전기 상대가격은 가스요금이 상승하거나 전기요금이 하락하면 높아지다가 반대로 가스요금이 하락하거나 전기요금이 상승하면 상대가격도 낮아지게 된다.

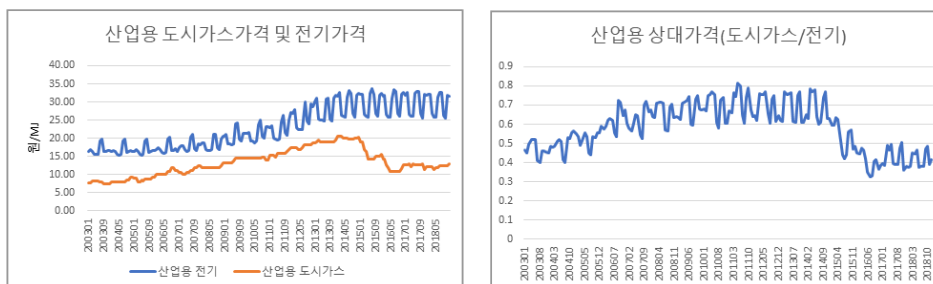
[그림 3-5] 주택용 가스·전기 상대가격 변화



[그림 3-6] 일반용 가스·전기 상대가격 변화



[그림 3-7] 산업용 가스·전기 상대가격 변화

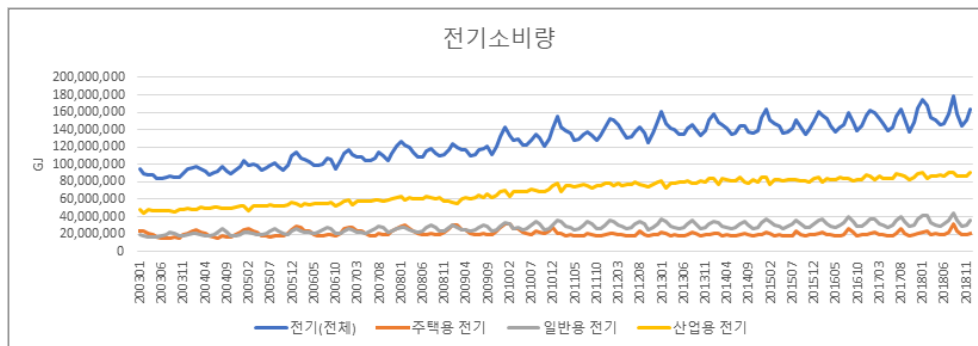


2. 에너지 전환 효율

에너지전환효율과 관련된 데이터를 살펴보기 전에 1차에너지공급과 최종에너지소비를 구성하는 전기소비량과 도시가스소비량을 살펴보면 각각 [그림 3-8], [그림 3-9]와 같다.

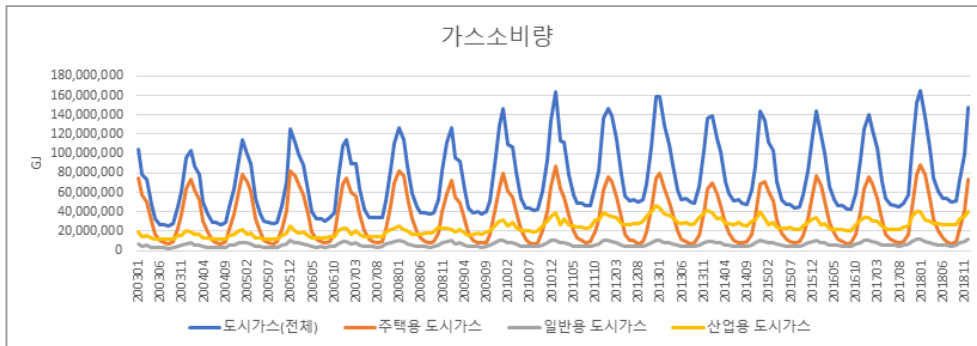
우선 2003년부터 2018년까지 월별 용도별 전기소비량 변화를 보면, 2010년까지는 크게 상승하다가 이후 상대적으로 완만하게 상승하는 모습을 보여준다. 산업용은 경제성장과 더불어 가파르게 상승하고 있으며 주택용은 소비량에 있어 큰 변화가 없다. 전기소비에도 강한 계절성이 나타나는데 하절기에 가장 소비량이 높으나 2009년 이후에는 동절기에 피크가 나타나고 있다.

[그림 3-8] 용도별 전기소비량 변화



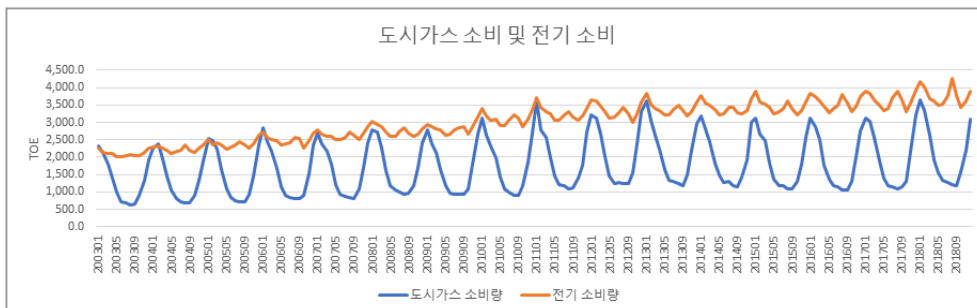
2003년부터 2018년까지 월별 용도별 가스소비량 변화를 보면 산업용은 완만하게 증가하고 있으나 주택용과 일반용은 크게 변화가 없다. 그리고 모든 용도에서 뚜렷하게 계절성이 나타나는데 특히 동절기 난방용 연료로 쓰이는 주택용 가스소비의 경우 강한 동고하저의 수요패턴을 보인다.

[그림 3-9] 용도별 도시가스 소비량 변화



도시가스 및 전기 소비의 변화를 TOE로 단위를 통일하여 비교해보면 [그림 3-10]과 같다. 이때 가스의 경우 발전용 천연가스 소비량을 제외하고 용도 구별 없이 전체 도시가스용 소비량이며 전기 또한 용도 구별 없이 전체 전기 소비량이다. 전기와 도시가스 모두 소비량이 증가하고 있으나 전기의 증가 속도가 훨씬 빠른 모습이다. 그리고 전기와 도시가스 모두 뚜렷한 계절성을 보이는데 전기는 동절기와 하절기에 소비량이 증가하고 도시가스는 강한 동고하저의 수요패턴을 보인다.

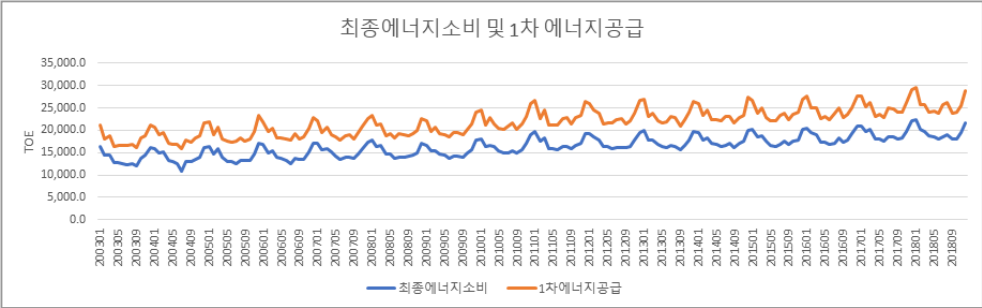
[그림 3-10] 도시가스 및 전기 소비 변화



2003년 1월부터 2018년 12월까지 최종에너지소비와 1차에너지공급 변화를 살펴보면 [그림 3-11]과 같다. 최종에너지소비와 1차에너지공급은 장기적으로는 완만하게 증가하는 모습을 보여주며, 최종에너지소비량이 1차에너지공급량의 약 3/4 수준에서 똑같은 패턴으로 변동하고 있다. 즉

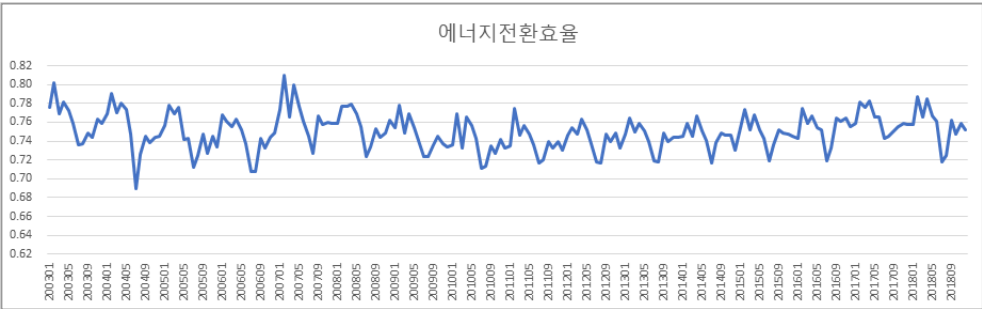
최종에너지소비량과 1차에너지공급량의 차이가 확대되긴 하였으나 최종 에너지소비가 늘어나면 1차에너지공급도 거기에 비례해서 늘어나는 모습이다. 또한 소비량은 동절기에 가장 높고 하절기에 두 번째로 높아 강한 계절성을 보여준다.

[그림 3-11] 최종에너지소비 및 1차에너지공급 변화



[그림 3-12]는 최종에너지소비 및 1차에너지공급에 의해 산출된 에너지전환효율의 변화이다. 여름에 가장 낮고 4월에는 높으며 2월에도 높은 수준으로 계절성이 있다. 전체적으로는 에너지전환효율이 완만하게 낮아지다가 2015년 이후 살짝 높아지는 모습을 보여준다.

[그림 3-12] 에너지전환효율 변화



제 4 장 실증분석

제 1 절 주택용 분석 결과

주택용 가스와 전기의 상대가격 변동이 주택용 전기소비량 변화를 통하여 에너지효율에 미치는 영향을 분석하기 위해 주택용 도시가스와 주택용 전기의 상대가격, 계절성(Seasonality)을 나타내는 월별 더미변수를 반영하여 아래와 같이 모형을 구성하였다. 시계열 데이터에 나타날 수 있는 추세효과를 제거하기 위한 별도의 변수는 사용하지 않았는데 이는 에너지전환효율 및 상대가격 모두 분자와 분모간의 비율로 되어 있어 경향(trend)이 이미 서로 상쇄되었기 때문이다.

$$ENGEFF = \alpha + \beta RP_1 + \sum_{i=2}^{12} \gamma_i D_i + \epsilon$$

(종속변수) $ENGEFF$: 에너지전환효율 (최종에너지소비 ÷ 1차에너지공급)

(독립변수) RP_1 : 주택용 가스·전기 상대가격 (가스가격 ÷ 전기가격)

(통제변수) D : 계절성을 나타내는 월 더미 (2월~12월)

먼저 변수들의 특성을 확인하고자 기술통계 분석을 진행하였으며 그 결과는 [표4-1]와 같다. 에너지전환효율의 평균은 0.750(SD=0.019), 주택용 가스와 전기의 상대가격의 평균은 0.490(SD=0.077)이며 두변수 모두 왜도의 절대값이 2보다 작고 첨도의 절대값이 4보다 작아 정규분포를 이루고 있다고 보았다.

[표 4-1] 주택용 주요변수 기술통계

N=192

구 분	평균	표준편차	최소값	최대값	왜도	첨도
에너지전환효율	0.750	0.019	0.689	0.809	-0.002	3.358
상대가격	0.490	0.077	0.276	0.662	-0.170	2.681

다음으로 주택용 가스·전기 상대가격이 에너지전환효율에 미치는 영향의 OLS 분석결과는 [표 4-2]과 같다.

종속변수인 에너지전환효율에 대한 독립변수인 가스·전기 상대가격의 설명력은 66.8%로 나타났고($\text{Adj.}R^2=0.668$) 연구모형은 적합한 것으로 확인되었다($p<0.001$).

주택용 가스·전기 상대가격은 에너지전환효율에 통계적으로 유의한 음의 영향을 미치는 것으로 나타났다($\text{Coef.}=-0.038$, $p<0.01$). 즉, 가스·전기 상대가격이 1% 상승하면 에너지전환효율은 0.038% 감소한다는 것을 알 수 있다. 따라서 주택용 전기요금이 하락하면 에너지 전환효율이 낮은 전기소비량이 증가되어 에너지전환효율이 낮아질 것이다. 즉 주택용 전기요금이 하락하면 도시가스 요금 대비 전기요금의 하락률이 커져 가스·전기의 상대가격(도시가스가격÷전기가격)이 상승하고, 요금이 상대적으로 싼 전기가 도시가스의 수요를 대체하여 전기소비량이 증가하게 되며 이는 결국 전기가 포함된 최종에너지소비의 증가로 이어지고 전기라는 최종에너지 생산을 늘리기 위하여 1차에너지공급도 증가하게 된다. 그런데 1차에너지가 최종에너지로 전환되는 과정에서의 전환손실, 특히 전기의 경우 에너지전환효율이 낮기 때문에 전기소비량 증가로 인한 최종에너지 증가속도보다 1차에너지공급 증가속도가 빨라 국가 전체의 에너지전환효율이 낮아지게 되는 것이다. 이는 주택용 가스·전기의 상대가격 상승은 국가 에너지전환효율을 악화시킬 것이라는 가설1과 일치한다.

[표 4-2] 주택용 상대가격의 에너지전환효율 영향 OLS분석결과

구 분	비표준화 계수	표준오차	t값
주택용 상대가격(가스/전기)	-0.038 **	0.012	-3.300
2월 (ref.=1월)	0.022 ***	0.004	5.690
3월	0.005	0.004	1.210
4월	0.019 ***	0.004	4.760
5월	0.005	0.004	1.260
6월	-0.007	0.004	-1.690
7월	-0.035 ***	0.004	-9.050
8월	-0.031 ***	0.004	-7.810
9월	-0.005	0.004	-1.390
10월	-0.010 *	0.004	-2.610
11월	-0.004	0.004	-1.020
12월	-0.009 *	0.004	-2.180
상수	0.773 ***	0.006	125.900
R ²	0.689		
Adj.R ²	0.668		
F(sig.)	33.01 ***		
N	192		

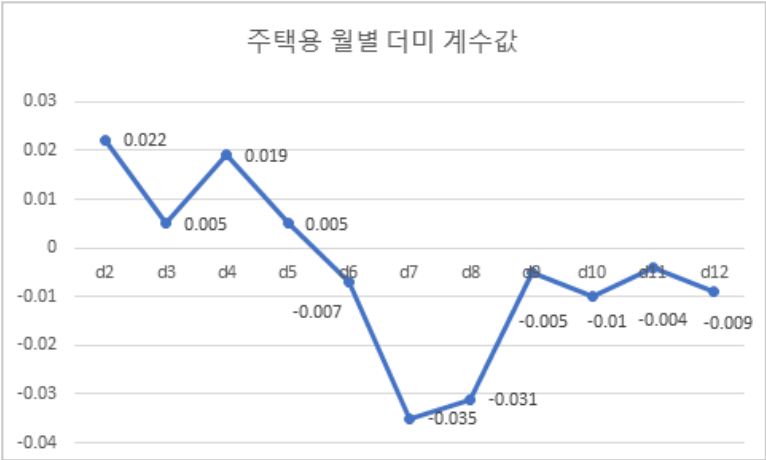
* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

한편, 에너지전환효율도 월별로 계절성이 나타난다. 3월, 5월, 6월, 9월, 11월이 유의하지 않은 것으로 나오긴 하지만 월별더미의 Coef.값이 1월 대비 2월은 0.022, 4월은 0.019, 7월은 -0.035, 12월은 -0.009로 그림 [그림 4-1]과 같이 하절기에는 에너지전환효율이 낮고 봄에는 높은 패턴을 보여준다. 하절기에 에너지전환효율이 낮은 것은 냉방수요가 많아 에너지전환효율이 낮은 전력소비가 늘어나기 때문이고 봄은 전력수요가 감소하여 에너지전환효율이 높은 것으로 추정된다.

단, 동절기에 전기소비가 하절기만큼이나 높음에도 불구하고 2월의 에너지전환효율이 전기소비가 낮은 4월과 비슷한 수준으로 높게 나타나는 이유는 전기소비 증가분과 관련된 최종에너지소비가 증가하고 이보다 빠른 속도로 전기생산량을 늘리기 위한 1차에너지공급이 증가함에도 불구하고

하고, 전기와 같이 발전이라는 가공 과정 없이 1차에너지 형태 그대로 최종에너지로 소비되는 도시가스 난방수요가 동절기에 급증하기 때문이다. GJ로 단위를 일치시킨 주택용 전기와 도시가스 소비량의 2018년 통계를 보면 하절기에는 전기소비가 도시가스 소비의 4.5배가 넘지만 동절기에는 난방연료로 주로 사용되는 도시가스 소비가 전기 전체 소비의 3.4배가 넘는다.⁵⁷⁾ 1차에너지를 투입하여 최종에너지인 전기를 만드는 발전과정에서 전기의 전환효율은 30~40%이지만 도시가스와 같이 1차에너지를 그대로 사용할 경우의 전환효율은 70~80%로 훨씬 높아 전기소비 증가로 에너지전환효율이 낮아지는 속도를 도시가스 소비량 증가로 전환효율이 높아지는 속도가 능가하기 때문에 2월의 에너지전환효율이 높은 것으로 보인다.

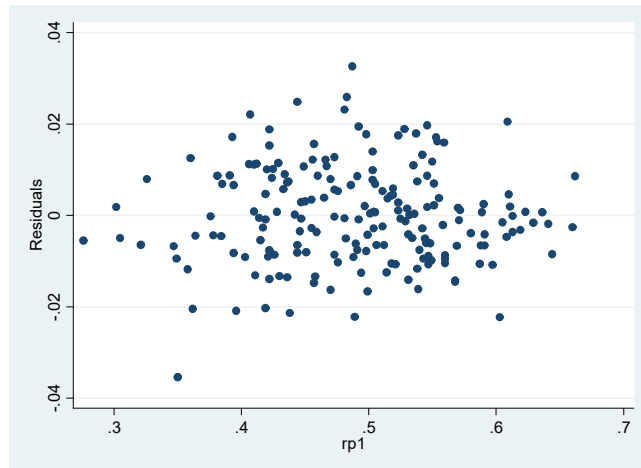
[그림 4-1] 월별 에너지전환효율 변화(주택용 분석)



마지막으로 모형의 적절성을 보기 위해 가스·전기 상대가격의 잔차 그림을 보면 [그림 4-2]와 같으며 잔차의 분포가 불규칙하여 등분산성을 충족시키는 것으로 판단하였다.

57) 2018년 2월 주택용 전기소비 23,124천GJ, 주택용 도시가스소비 78,908천GJ
 2018년 8월 주택용 전기소비 31,859천GJ, 주택용 도시가스소비 7,049천GJ

[그림 4-2] 가스·전기 상대가격 잔차 그림(주택용 분석)



‘전기와 가스의 상대가격 변화가 전기 수요대체를 통하여 에너지효율에 영향을 주는가?’ 라는 연구문제에 답하기 위하여 수립한 가설은 가스·전기 상대가격과 에너지전환효율 간의 관계에서 전기소비량의 일종의 매개효과에 관한 것이라고 볼 수 있다. 가설 검증 분석을 시도한 결과, 주택용 가스와 전기의 상대가격 변화는 에너지전환효율에 유의한 변동을 초래한다는 것을 알 수 있었는데 이는 가스와 전기의 상대가격 변화는 전기의 대체수요를 발생시키고 전환효율이 낮은 전기화 과정의 특성이 국가 전체의 에너지효율에도 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다.

제 2 절 일반용 분석 결과

일반용 가스와 전기의 상대가격 변화가 일반용 전기소비량 변화를 통하여 에너지효율에 미치는 영향을 분석하기 위해 주택용에서와 같이 일반용 도시가스와 일반용 전기의 상대가격, 계절성(Seasonality)을 나타내는 월별 더미변수를 반영하여 아래와 같이 모형을 구성하였다. 시계열 데이터에 나타날 수 있는 추세효과를 제거하기 위한 별도의 변수는 사용하지 않았는데 이는 에너지전환효율 및 상대가격 모두 분자와 분모간의

비율로 되어 있어 경향(trend)가 이미 서로 상쇄되었기 때문이다.

$$ENGEFF = \alpha + \beta RP_2 + \sum_{i=2}^{12} \gamma_i D_i + \epsilon$$

(종속변수) $ENGEFF$: 에너지전환효율 (최종에너지 소비 ÷ 1차에너지공급)

(독립변수) RP_2 : 일반용 가스·전기 상대가격 (가스가격 ÷ 전기가격)

(통제변수) D : 계절성을 나타내는 월 더미 (2월~12월)

먼저 변수들의 특성을 확인하고자 기술통계 분석을 진행하였으며 그 결과는 [표 4-3]과 같다. 에너지전환효율의 평균은 0.750(SD=0.019), 일반용 가스와 전기의 상대가격의 평균은 0.449(SD=0.111)이며, 두 변수 모두 왜도의 절대값이 2보다 작고 첨도의 절대값이 4보다 작아 정규분포를 이루고 있다고 보았다.

[표 4-3] 일반용 주요변수 기술통계

N = 192

구 분	평균	표준편차	최소값	최대값	왜도	첨도
에너지전환효율	0.750	0.019	0.689	0.809	-0.002	3.358
상대가격	0.449	0.111	0.247	0.659	0.154	1.741

다음으로 일반용 가스·전기 상대가격이 에너지전환효율에 미치는 영향의 OLS 분석결과는 [표 4-4]와 같다.

종속변수인 에너지전환효율에 대한 독립변수인 가스·전기 상대가격의 설명력은 73.8%로 나타났고(Adj.R²=0.738), 연구모형은 적합한 것으로 확인되었다(p<0.001).

일반용 가스·전기 상대가격은 에너지전환효율에 통계적으로 유의한 음의 영향을 미치는 것으로 나타났다(Coef.=-0.052, p<0.001). 즉, 일반용 가스·전기 상대가격이 1% 상승하면 에너지전환효율은 0.052% 감소한다는 것을 알 수 있다. 따라서 일반용 전기요금이 하락하면 에너지 전환효율이 낮은 전기소비량이 증가되어 에너지전환효율이 낮아질 것이다. 즉

일반용 전기요금이 하락하면 도시가스 요금 대비 전기요금의 하락률이 커져 일반용 가스·전기의 상대가격(도시가스가격÷전기가격)이 상승하고, 요금이 상대적으로 싼 전기가 도시가스의 수요를 대체하여 일반용 전기소비량이 증가하게 되며 이는 결국 전기가 포함된 최종에너지소비의 증가로 이어지고 전기라는 최종에너지 생산을 늘리기 위하여 1차에너지 공급도 증가하게 된다. 그런데 1차에너지가 최종에너지로 전환되는 과정에서 전환손실, 특히 전기의 경우 에너지전환효율이 낮기 때문에 전기 소비량 증가로 인한 최종에너지 증가속도보다 1차에너지공급 증가속도가 빨라 국가 전체의 에너지전환효율이 낮아지게 되는 것이다. 이는 일반용 가스·전기의 상대가격 상승은 국가 에너지전환효율을 악화시킬 것이라는 가설2와 일치한다.

[표 4-4] 일반용 상대가격의 에너지전환효율 영향 OLS분석결과

구 분	비표준화 계수	표준오차	t값
일반용 상대가격(가스/전기)	-0.052 ***	0.007	-7.840
2월 (ref.=1월)	0.022 ***	0.003	6.310
3월	0.003	0.003	0.940
4월	0.019 ***	0.003	5.410
5월	0.004	0.003	1.230
6월	-0.007	0.003	-1.970
7월	-0.037 ***	0.003	-10.680
8월	-0.032 ***	0.004	-9.090
9월	-0.006	0.003	-1.710
10월	-0.010 **	0.003	-2.980
11월	-0.006	0.003	-1.620
12월	-0.010 **	0.003	-2.970
상수	0.778 ***	0.004	201.290
R ²	0.754		
Adj.R ²	0.738		
F(sig.)	45.75 ***		
N	192		

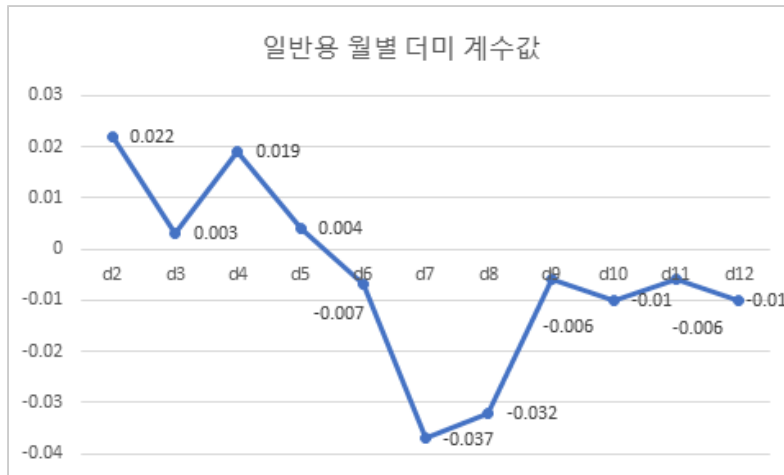
* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

한편, 일반용 가스·전기 상대가격에 의한 에너지전환효율도 월별로 계절성이 나타난다. 3월, 5월, 6월, 9월, 11월이 유의하지 않은 것으로 나오긴 하지만 월별더미의 Coef.값이 1월 대비 4월은 0.019, 7월은 -0.037, 12월은 -0.010으로 [그림 4-3]와 같이 하절기에는 에너지전환효율이 낮고 봄에는 높은 패턴을 보여준다. 하절기에 에너지전환효율이 낮은 것은 냉방수요가 많아 에너지전환효율이 낮은 전력소비가 늘어나기 때문이고 봄은 전력수요가 감소하여 에너지전환효율이 높은 것으로 추정된다.

단, 주택용에서와 마찬가지로 일반용에서도 동절기에 전기소비가 하절기만큼이나 높음에도 불구하고 2월의 에너지전환효율이 전기소비가 낮은 4월과 비슷한 수준으로 높게 나타나는 이유는 전기소비 증가분과 관련된 최종에너지소비가 증가하고 이보다 빠른 속도로 전기생산량을 늘리기 위한 1차에너지공급이 증가함에도 불구하고, 전기와 같이 발전이라는 가공과정 없이 1차에너지 형태 그대로 최종에너지로 소비되는 도시가스 수요가 일반용에서도 동절기에 증가하기 때문인 것으로 보인다. GJ로 단위를 일치시킨 일반용 전기와 도시가스 소비량의 2018년 통계를 보면 절대소비량은 도시가스소비가 전기소비보다 하절기와 동절기 모두 낮지만 일반용 도시가스 수요가 하절기 대비 동절기에 상대적으로 많이 증가한다는 것을 알 수 있다.⁵⁸⁾ 주택용 분석에서 언급하였듯이 1차에너지를 투입하여 최종에너지인 전기를 만드는 발전과정에서 전기의 전환효율은 30~40%이지만 도시가스와 같이 1차에너지를 그대로 사용할 경우의 전환효율은 70~80%로 훨씬 높아 전기소비 증가로 에너지전환효율이 낮아지는 속도를 도시가스 소비량 증가로 전환효율이 높아지는 속도가 능가하기 때문에 일반용에서도 2월의 에너지전환효율이 높은 것으로 보인다.

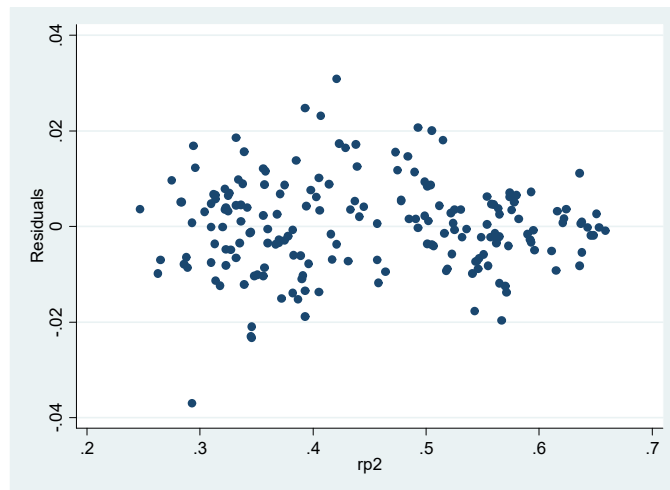
58) 2018년 2월 일반용 전기소비 41,723천GJ, 일반용 도시가스소비 9,525천GJ
2018년 8월 일반용 전기소비 44,416천GJ, 일반용 도시가스소비 4,984천GJ

[그림 4-3] 월별 에너지전환효율 변화(일반용 분석)



마지막으로 모형의 적절성을 보기 위해 가스·전기 상대가격의 잔차 그림을 보면 [그림 4-4]과 같으며 잔차의 분포가 불규칙하여 등분산성을 충족시키는 것으로 판단하였다.

[그림 4-4] 가스·전기 상대가격 잔차 그림(일반용 분석)



이상의 분석결과로부터 일반용에서도 가스와 전기의 상대가격 변화는 전기의 대체수요를 발생시키고 국가 전체의 에너지효율에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

제 3 절 산업용 분석 결과

산업용 가스와 전기의 상대가격 변동이 산업용 전기소비량 변화를 통하여 에너지효율에 미치는 영향을 분석하기 위해 주택용 및 일반용에서와 같이 산업용 도시가스와 산업용 전기의 상대가격, 계절성(Seasonality)을 나타내는 월별 더미변수를 반영하여 아래와 같이 모형을 구성하였다. 주택용과 일반용에서와 같이 산업용에서도 시계열 데이터에 나타날 수 있는 추세효과를 제거하기 위한 별도의 변수는 사용하지 않았으며 이는 에너지전환효율 및 상대가격 모두 분자와 분모간의 비율로 되어 있어 경향(trend)이 이미 서로 상쇄되었기 때문이다.

$$ENGEFF = \alpha + \beta RP_3 + \sum_{i=2}^{12} \gamma_i D_i + \epsilon$$

(종속변수) $ENGEFF$: 에너지전환효율 (최종에너지소비 ÷ 1차에너지공급)
 (독립변수) RP_3 : 산업용 가스·전기 상대가격 (가스가격 ÷ 전기가격)
 (통제변수) D : 계절성을 나타내는 월 더미 (2월~12월)

먼저 변수들의 특성을 확인하고자 기술통계 분석을 진행하였으며 그 결과는 [표 4-5]과 같다. 에너지전환효율의 평균은 0.750(SD=0.019), 산업용 가스와 전기의 상대가격의 평균은 0.583(SD=0.124)이며, 두변수 모두 왜도의 절대값이 2보다 작고 첨도의 절대값이 4보다 작아 정규분포를 이루고 있다고 보았다.

[표 4-5] 산업용 주요변수 기술통계

N = 192

구 분	평균	표준편차	최소값	최대값	왜도	첨도
에너지전환효율	0.750	0.019	0.689	0.809	-0.002	3.358
상대가격	0.583	0.124	0.326	0.814	-0.120	1.973

다음으로 산업용 가스·전기 상대가격이 에너지전환효율에 미치는 영향의 OLS 분석결과는 [표 4-6]과 같다.

종속변수인 에너지전환효율에 대한 독립변수인 산업용 가스·전기 상대가격의 설명력은 72.2%로 나타났고($\text{Adj.}R^2=0.722$), 연구모형은 적합한 것으로 확인되었다($p<0.001$).

산업용 가스·전기 상대가격은 에너지전환효율에 통계적으로 유의한 음의 영향을 미치는 것으로 나타났다($\text{Coef.}=-0.044$, $p<0.001$). 즉, 산업용 가스·전기 상대가격이 1% 상승하면 에너지전환효율은 0.044% 감소한다는 것을 알 수 있다. 따라서 산업용 전기요금이 하락하면 에너지 전환효율이 낮은 전기소비량이 증가되어 에너지전환효율이 낮아질 것이다. 즉 산업용 전기요금이 하락하면 도시가스 요금 대비 전기요금의 하락률이 커져 가스·전기의 상대가격(도시가스가격÷전기가격)이 상승하고, 요금이 상대적으로 싼 전기가 도시가스의 수요를 대체하여 전기소비량이 증가하게 되며 이는 결국 전기가 포함된 최종에너지소비의 증가로 이어지고 전기라는 최종에너지 생산을 늘리기 위하여 1차에너지공급도 증가하게 된다. 그런데 1차에너지가 최종에너지로 전환되는 과정에서의 전환손실, 특히 전기의 경우 에너지전환효율이 낮기 때문에 전기소비량 증가로 인한 최종에너지 증가속도보다 1차에너지공급 증가속도가 빨라 국가 전체의 에너지전환효율이 낮아지게 되는 것이다. 이는 산업용 가스·전기의 상대가격 상승은 국가 에너지전환효율을 악화시킬 것이라는 가설3과 일치한다.

[표 4-6] 산업용 상대가격의 에너지전환효율 영향 OLS분석결과

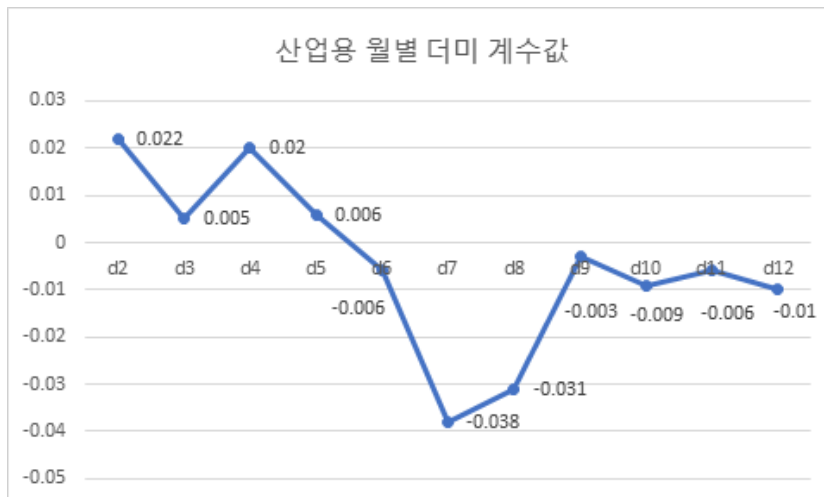
구 분	비표준화 계수	표준오차	t값
산업용 상대가격(가스/전기)	-0.044 ***	0.006	-6.900
2월 (ref.=1월)	0.022 ***	0.004	6.070
3월	0.005	0.004	1.510
4월	0.020 ***	0.004	5.570
5월	0.006	0.004	1.760
6월	-0.006	0.004	-1.640
7월	-0.038 ***	0.004	-10.430
8월	-0.031 ***	0.004	-8.680
9월	-0.003	0.004	-0.830
10월	-0.009 *	0.004	-2.470
11월	-0.006	0.004	-1.620
12월	-0.010 **	0.004	-2.750
상수	0.780 ***	0.004	177.830
R ²	0.739		
Adj.R ²	0.722		
F(sig.)	42.26 ***		
N	192		

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

한편, 산업용 가스·전기 상대가격에 의한 에너지전환효율도 월별로 계절성이 나타난다. 3월, 5월, 6월, 9월, 11월이 유의하지 않은 것으로 나오긴 하지만 월별더미의 Coef.값이 1월 대비 2월은 0.022, 4월은 0.020, 7월은 -0.038, 10월은 -0.009, 12월은 -0.010로 [그림 4-5]와 같이 주택용 및 일반용에서와 같이 산업용에서도 하절기에는 에너지전환효율이 낮고 봄에는 높은 패턴을 보여준다. 하절기에 에너지전환효율이 낮은 것은 냉방수요가 많아 에너지전환효율이 낮은 전력소비가 늘어나기 때문이고 봄은 전력수요가 감소하여 에너지전환효율이 높은 것으로 추정된다. 이는 계절별 수요의 변동폭이 주택용에서만 크지는 않지만 산업용에서도 생산용 전기소비는 연간 일정한 반면 동절기와 하절기의 소비량 변동분은 주로 동절기 가스난방 수요 증가나 하절기 전기냉방 수요 증가에서 비롯되기 때문인 것으로 보인다.

단, 주택용과 일반용에서와 마찬가지로 산업용에서도 동절기에 전기소비가 하절기만큼이나 높음에도 불구하고 2월의 에너지전환효율이 전기소비가 낮은 4월과 비슷한 수준으로 높게 나타나는 이유는 전기소비 증가분과 관련된 최종에너지소비가 증가하고 이보다 빠른 속도로 전기생산량을 늘리기 위한 1차에너지공급이 증가함에도 불구하고, 전기와 같이 발전이라는 가공 과정 없이 1차에너지 형태 그대로 최종에너지로 소비되는 도시가스 수요가 일반용에서도 동절기에 증가하기 때문인 것으로 보인다. GJ로 단위를 일치시킨 산업용 전기와 도시가스 소비량의 2018년 통계를 보면 절대소비량은 도시가스소비가 전기소비보다 하절기와 동절기 모두 낮지만 일반용에서와 같이 산업용 도시가스 수요가 하절기 대비 동절기에 상대적으로 많이 증가한다는 것을 알 수 있다.⁵⁹⁾ 주택용 및 일반용 분석에서 언급하였듯이 전기소비 증가로 에너지전환효율이 낮아지는 속도를 도시가스 소비량 증가로 전환효율이 높아지는 속도가 능가하기 때문에 산업용에서도 2월의 에너지전환효율이 높은 것으로 보인다.

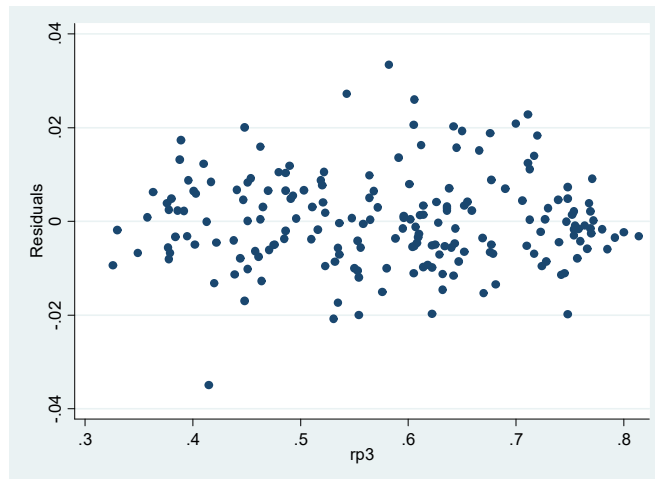
[그림 4-5] 월별 에너지전환효율 변화(산업용 분석)



59) 2018년 2월 산업용 전기소비 83,866천GJ, 산업용 도시가스소비 31,841천GJ
2018년 8월 산업용 전기소비 90,418천GJ, 산업용 도시가스소비 26,137천GJ

마지막으로 모형의 적절성을 보기 위해 가스·전기 상대가격의 잔차 그림을 보면 [그림 4-6]과 같으며 잔차의 분포가 불규칙하여 등분산성을 충족시키는 것으로 판단하였다.

[그림 4-6] 가스·전기 상대가격 잔차 그림(산업용 분석)



이상의 분석결과로부터 산업용에서도 가스와 전기의 상대가격 변화가 에너지전환효율에 유의한 변동을 초래하며 이는 가스와 전기의 상대가격 변화는 전기의 대체수요를 발생시키고 전환효율이 낮은 전기화 과정의 특성이 국가 전체의 에너지효율에 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다.

제 5 장 결 론

제 1 절 연구결과 요약

본 논문에서는 도시가스 및 전기의 상대가격 변화가 에너지전환효율에 어느 정도 영향을 미치는지, 용도별로는 그 변화가 어떻게 다르게 나타나며 월별로는 어떻게 변화하는지에 대하여 알아보았으며 다음과 같은 분석결과를 도출하였다.

[표 5-1] 상대가격이 에너지전환효율에 미치는 영향 분석 결과

구 분	주 택 용	일 반 용	산 업 용
모형설명력	66.79%	73.76%	72.16%
계 수 값	-0.038	-0.052	-0.044
유의여부	p < .01	p < .001	p < .001
월별더미값	2월·4월 높음 7월·8월 낮음	2월·4월 높음 7월·8월 낮음	2월·4월 높음 7월·8월 낮음
잔차모양	등분산	등분산	등분산

첫째, 주택용 모형을 분석한 결과 모형의 설명력은 66.79%로 일반용 73.76% 및 산업용 72.16%에 비하여 다소 낮은 편이나 연구모형은 적합한 것으로 확인되었다. 주택용 가스·전기 상대가격 변화에 따른 에너지전환효율의 계수값은 -0.038이며 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타나 주택용 전기에 대한 주택용 도시가스의 상대가격이 상승하면 에너지전환효율이 하락한다는 것을 알 수 있다. 이는 주택용에서 전기가 가격 대비 도시가스 가격이 상대적으로 상승하면 도시가스 수요의 일부가 상대적으로 가격이 싼 전력으로 대체되어 전기소비량이 증가하게 되는데, 전기라는 최종에너지 생산을 늘리기 위하여 발전원료인 1차에너지공급을 증가시키는 과정에서 에너지전환효율이 낮은 전기화 과정의 특성상 최종에너지에 반영되는 증가속도 보다 전기 생산을 위해 투입되는 1차에

너지공급 속도가 더 빠르게 증가하기 때문이라고 할 수 있다.

둘째, 일반용 모형을 분석한 결과 모형의 설명력은 73.76%이며 연구모형은 적합한 것으로 확인되었다. 일반용 가스·전기 상대가격 변화에 따른 에너지전환효율의 계수값은 -0.052이며 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타나 일반용 전기에 대한 일반용 도시가스의 상대가격이 상승하면 에너지전환효율이 하락한다는 것을 알 수 있다. 이는 일반용에서 전기가격 대비 도시가스 가격이 상대적으로 상승하면 주택용에서와 마찬가지로 도시가스 수요의 일부가 상대적으로 가격이 싼 전력으로 대체되어 전기소비량이 증가하게 되고, 에너지전환효율이 낮은 전기화 과정의 특성상 최종에너지에 반영되는 증가속도 보다 전기생산을 위해 투입되는 1차에너지공급 속도가 더 빠르게 증가하기 때문에 결과적으로 에너지전환효율이 나빠지는 것으로 보인다.

셋째, 산업용 모형을 분석한 결과 모형의 설명력은 72.16%이며 연구모형은 적합한 것으로 확인되었다. 산업용 가스·전기 상대가격 변화에 따른 에너지전환효율의 계수값은 -0.044이며 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타나 산업용 전기에 대한 산업용 도시가스의 상대가격이 상승하면 에너지전환효율이 하락한다는 것을 알 수 있다. 이는 산업용에서 전기가격 대비 도시가스 가격이 상대적으로 상승하면 주택용과 일반용에서와 마찬가지로 도시가스 수요의 일부가 상대적으로 가격이 싼 전력으로 대체되어 전기소비량이 증가하게 되고, 에너지전환효율이 낮은 전기화 과정의 특성상 최종에너지에 반영되는 증가속도 보다 전기생산을 위해 투입되는 1차에너지공급 속도가 더 빠르게 증가하기 때문에 결과적으로 에너지전환효율이 더 나빠지는 것이라고 할 수 있다.

다음으로 에너지전환효율의 용도별 분석결과를 비교해 보면 가스·전기 상대가격 변화에 민감하게 반응하는 순서는 일반용 > 산업용 > 주택용이다. 그런데 에너지전환효율은 전기화 과정의 특성 때문에 전기소비가 늘어날수록 낮아질 것으로 예상되므로, 전기소비량이 가스·전기 상대가격 변화에 민감하게 반응하는 순서가 주택용 > 일반용 > 산업용이라는 점⁶⁰⁾을 감안한다면 에너지전환효율이 가스·전기 상대가격에 민감하

게 반응하는 순서도 이와 동일하여야 하나 분석결과는 주택용의 민감도가 가장 낮아 예상과는 다른 결과를 보여준다. 즉 이론상 가스·전기 상대가격이 높아질 경우 전기의 수요대체 속도가 가장 빠른 주택용이 에너지전환효율 악화 속도도 가장 빨라야 하나 그렇지 않다.

이는 주택용의 경우 1차에너지 형태 그대로 최종에너지로 소비되는 난방용 도시가스 수요가 동절기에 급증하는 것과 관련이 있는 것으로 보인다. 에너지전환효율의 분자인 최종에너지소비는 전기와 같이 발전이라는 과정의 가공을 거친 2차에너지와 도시가스나 휘발유처럼 가공 없이 1차에너지 형태 그대로 쓰이는 에너지들의 합으로 이루어지는데, 전기의 전환효율은 30~40%이지만 도시가스와 같이 1차 에너지를 그대로 사용할 경우의 전환효율은 70~80%로 상대적으로 높기 때문에 상대가격 변동에 의해 전기소비가 증가하면서 에너지전환효율이 낮아지는 정도를 전환효율이 더 좋은 도시가스 소비량 증가가 상쇄하여 오히려 높여주기 때문인 것으로 추정된다. 이를 산식으로 표현해 보면 다음과 같다.

최종에너지 소비	=	최종 사용되는 전기소비량	+	최종 사용되는 도시가스 소비량	+	최종 사용되는 기타에너지 소비량
1차에너지 공급		전기생산을 위해 투입되는 1차 에너지공급량 (원자력, 석탄, 천연가스, 신재생에너지 등)		도시가스 생산을 위해 투입되는 1차 에너지공급량 (천연가스)		최종 에너지를 생산을 위해 투입되는 1차 에너지공급량 (기타 에너지)

한편, 월별 더미를 이용한 에너지전환효율 변화는 [그림 5-1]에서와 같

60) 가스·전기 상대가격이 전기소비량에 미치는 영향의 회귀분석 결과

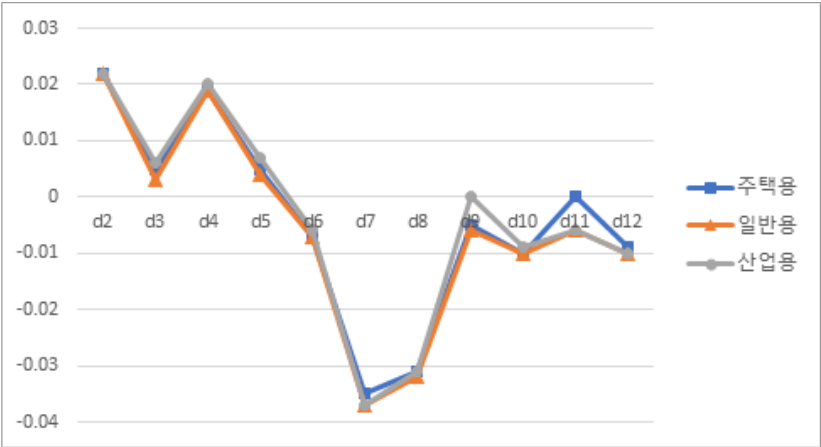
(모든 용도에서 월별 더미변수를 사용하였으며, 용도별로 소비자물가지수, 연도지수, 산업생산지수를 각각 사용하였음)

구 분	주 택 용	일 반 용	산 업 용
모형설명력	46.9%	94.4%	97.8%
계 수 값	0.640 ***	0.365 ***	0.126 ***

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

이 모든 용도에서 계절에 민감하게 반응하며 용도별로 큰 차이 없이 월별로 유사한 패턴을 나타낸다.

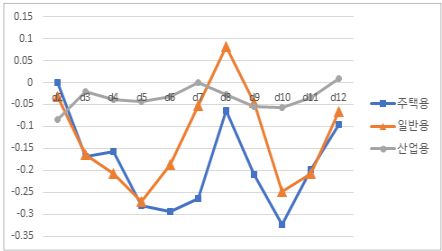
[그림 5-1] 월별 에너지전환효율 변화(월별더미 계수값)



전기소비량이 높은 하절기에 에너지전환효율이 가장 낮고 동절기 역시 하절기만큼은 아니지만 에너지전환효율이 낮으며 전기소비량이 감소하는 봄에는 가장 높은 에너지전환효율을 보여준다. 즉 월별 전기소비량 변화 그래프⁶¹⁾와 정확하게 반비례하지는 않지만 대략 반대되는 모습을 보여준다. 이는 전기소비량이 증가할수록 에너지전환효율이 낮아질 것이라는 가설을 뒷받침 해주는 것이라고 볼 수 있다.

단, 동절기에 전기소비가 높은 편임에도 불구하고 유독 2월경의 에너지전환효율은 높게 나타난다. 용도별 차이는 있지만 동절기에는 난방수요로 인하여 에너지소비의 절대량 자체가 [표 5-2]와 같이 큰 폭으로 증

61) 가스·전기 상대가격 변화에 따른 월별 전기소비량 변화(월별더미 계수값)



가하는데 증가한 난방수요는 첨두부하를 담당하는 천연가스 발전 등으로 생산된 전기 난방(2차 에너지로 가공되어 최종에너지로 소비)과 도시가스 난방(1차에너지 형태 그대로 최종에너지로 소비)이 주로 대응하게 된다. 2월의 에너지전환효율이 높은 이유는 전기난방 수요 증가에도 불구하고 도시가스난방 수요의 절대량이 큰 폭으로 증가하기 때문에 전기화 과정의 낮은 전환효율(약 40%)을 1차에너지를 그대로 사용할 경우의 상대적으로 높은 전환효율(약 70~80%)이 상쇄시켜 주기 때문인 것으로 추정된다. 또한 최근 봄철 미세먼지 저감 대책의 일환으로 구형 석탄발전 에 비하여 상대적으로 발전효율이 좋은 LNG 발전기의 가동률이 증가된 것도 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

[표 5-2] 계절별 최종에너지 소비량 변화

(단위 : 천TOE, 괄호안은 계절별 사용비율)

구 분	최종에너지 소비량	도시가스		전 력	
		소비량	최종에너지 중 차지비율	소비량	최종에너지 중 차지비율
겨 울 (‘16.12~’17.2)	61,777 (27.0%)	8,922 (39.1%)	14.4%	11,451 (26.3%)	18.5%
봄 (‘17.3~5)	56,309 (24.6%)	5,849 (25.6%)	10.4%	10,502 (24.2%)	18.7%
여 름 (‘17.6~8)	54,623 (23.9%)	3,432 (15.0%)	6.3%	11,028 (25.4%)	20.2%
가 울 (‘17.9~11)	56,229 (24.6%)	4,601 (20.2%)	8.2%	10,492 (24.1%)	18.7%
연 간 (‘16.12~’17.11)	228,938 (100%)	22,804 (100%)	10.0%	43,473 (100%)	19.0%

본 연구를 종합해 보면 도시가스와 전기의 상대가격 차이가 커지면 전기소비량을 증가시키고, 전기화 과정에서 에너지전환효율이 낮은 전기소비량의 증가는 국가 전체의 에너지전환효율을 악화시킨다고 할 수 있다. 상대적으로 저렴한 전기요금 및 값싼 전기기구 보급 탓에 특히 동절기에 도시가스의 일부가 전기로 대체되고 있다. 그런데 전기는 사용이 편리하다는 장점이 있는 반면 생산과정에서 전환손실이 크기 때문에 전기수요가 증가할수록 국가 전체의 입장에서 에너지사용의 효율성이 떨어지는

결과를 초래하게 된다. 동일한 양의 에너지를 생산하기 위하여 1차에너지원을 그대로 최종에너지로 쓸 때보다 더 많은 1차에너지를 발전원료로 투입하여야하기 때문이다. 2018년 기준으로 우리나라는 1,457.7억 달러를 에너지수입을 위하여 지출하였는데 2018년 에너지전환손실을 24.3%와 이중 전기화로 인한 손실이 95% 정도 차지함을 고려하면 전기화로 인한 에너지전환손실은 2018년 한해만 약 336.97억 달러(2018년말 환율 1,128원 적용시 약 38조원)에 달한다.

제 2 절 시사점 및 한계

우리나라의 전기요금은 시장원리에 따라 결정되기 보다는 물가안정 등 정부의 공공요금 정책에 따라 결정되어 왔다. 상대적으로 저렴한 전기요금은 전기소비량을 증가시키고 있으며 경쟁관계에 있는 에너지원들의 수요를 대체하고 있다. 개인은 동절기 난방을 위하여 상대적으로 저렴한 전기 보조난방 기구를 사용함으로써 도시가스 수요의 일부를 대체하고 있고, 기업들은 수익성을 위하여 가스나 유류를 원료로 사용하던 설비를 전기설비로 교체하기도 한다.

이렇듯 경합관계에 있는 전기와 도시가스간의 상대가격 차이는 수요대체를 통하여 각 에너지원의 수요 증감에 영향을 미친다. 도시가스 수요의 전기수요로의 대체는 개별기업인 한전의 입장에서는 매출액은 증가하지만 원가회수율이 낮은 시기에 판매량의 증가는 수요가 늘어날수록 오히려 재무상황을 악화시키게 된다. 또한 국가 전체 입장에서는 1차에너지가 전기라는 최종에너지로 전환되는 과정에서의 손실로 에너지사용의 효율성을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 국가 자원배분에 있어서도 비효율을 초래하게 되는데 가스 수요를 대체하여 전기수요 증가 시 기존에 구축되어 있는 도시가스 설비는 100% 활용을 하지 못하는 반면 전기수요 증가에 대응하기 위해서 추가로 발전소, 송배전설비 등의 설비투자가 필요하여 중복투자가 발생하기 때문이다.

따라서 정부가 국가 에너지효율 향상을 목표로 하고 있다면 전기와 가

스요금 규제 시 수요대체관계뿐만 아니라 에너지효율이라는 측면도 간과 하여서는 안 된다. 에너지 요금규제는 국가의 여러 에너지목표 달성을 위한 가장 중요하고도 강력한 정책수단이다. 따라서 정부가 에너지효율 향상 목표를 추진하는 데 있어 에너지기기의 효율개선, 에너지절약 등의 정책 수단 외에 에너지원간 요금 디자인에 의한 방법을 고려할 필요가 있다. 그러나 우리나라 정부는 공공요금 규제 정책, 특히 전기요금 정책에 있어 원가변동을 반영하지 못하는 저렴한 요금 수준을 유지함으로써 에너지 소비구조를 왜곡하고 에너지효율을 저하시키는 결과를 초래하고 있다는 지적을 받아왔다.

에너지 소비구조 왜곡으로 인한 비효율적 자원배분을 바로잡고 에너지 효율을 향상하기 위해서는 첫째, 산업성장이나 물가안정이라는 공공성 목표 외에 시장원리를 반영한 요금디자인을 통한 효율성 목표를 조화롭게 추구해야 한다. 많은 선행연구자들이 지적하여 왔듯이 물가안정을 위해 원가를 보상하지 못하는 수준의 요금 결정, 원료비 연동제 유보 등은 위급상황에서만 사용되어야지 남용되어서는 안 된다. 또한 일률적인 공공요금 수준의 결정 보다는 시장원리를 반영하고 통합적인 시각에서 에너지원간 요금수준을 결정하여 자원배분의 효율성을 높이되, 에너지빈곤 층이나 에너지빈곤 차 상위계층에 대해서는 별도의 지원책을 마련하여 공공성을 조화시키는 것이 바람직할 것이다.

둘째, 국가 에너지자원 사용의 효율을 개선하기 위하여 에너지요금 규제 시 전기화 과정의 전환효율성을 고려해야 한다. 즉, 정부의 에너지요금정책 담당자들은 에너지 효율을 향상하고 에너지원단위를 개선할 수 있는 정책수단으로써 에너지절약이나 기기 효율개선뿐만 아니라 1차에너지와 최종에너지 간의 전환관계를 고려한 에너지요금정책을 사용할 수도 있다는 점을 인식할 필요가 있다. 전기와 가스의 수요대체 관계를 단순히 에너지원간의 수요대체 관계나 개별기업의 재무성과에만 영향을 미치는 것으로만 바라보지 말고 에너지전환효율이라는 측면에서 1차에너지와 2차에너지 간의 수요대체 관계로 그 시각을 확장하여, 국가 에너지효율 향상을 위한 정책수단으로 에너지요금정책을 활용할 수 있어야 하겠다.

기존의 선행연구는 가스와 전기 간 수요대체에 영향을 미치는 요인의 추정 및 요인별 영향정도 파악이 주를 이루며 정부가 요금규제 시 에너지원간 대체수요 관계를 고려하여야 한다는 정책 제언을 주로 하고 있다. 본 연구에서는 개별적으로 연구되던 요금정책 연구와 에너지효율성 연구를 연계하고, 가스·전기의 상대가격 변화와 국가 에너지효율성 간의 관계에 대하여 실증분석을 시도하여 그 관계의 유의성을 입증함으로써 에너지요금 규제시 에너지효율 향상을 위해 전기화 과정의 전환효율성을 고려할 필요가 있다는 것을 보여주고자 하였다. 즉 단순히 가스와 전기라는 에너지원간 수요대체 관계가 아니라 대표적인 1차에너지와 2차에너지 간의 수요대체 관계에 초점을 맞추어 국가 에너지자원 사용의 효율성이라는 관점에서 에너지원간 요금정책을 추진할 수 있는 근거를 제시해 주고자 하였다.

다만 본 논문은 1차에너지와 2차에너지 간의 상대가격으로 인한 수요대체 관계가 에너지효율에 미치는 영향을 전기와 가스의 관계 속에서만 검토하였으므로 시론적 연구로서 의의를 가지며 향후 전기와 경쟁 및 대체관계에 있는 더 다양한 에너지원과 전기 간의 관계 속에서 국가에너지 효율에 대한 연구가 필요하다고 생각한다.

한편 에너지원간 수요대체를 연구한 선행 유사 연구들 간에 그 결과가 다르게 나오기도 하는데 이는 연구 대상기간 설정, 변수 선택, 통계분석 방법의 차이에 의한 것으로 보여 진다. 본 연구도 특정사건에 의해 전기 소비량에 변곡점이 발생한 구간을 기준으로 기간을 달리하여 전후 결과를 비교하거나 가격이 수요에 반영되는 시차 반영여부에 대한 고려, 시계열 데이터의 추세에 대한 다른 방식의 통제 시도 등 보다 정밀하고 다양한 방법으로 변수간의 관계를 추정해 볼 필요가 있다.

마지막으로 기술향상, 전자기기의 발달, 소득수준 향상, 새로운 형태의 사업 출현, 인구특성 및 생활양식의 변화, 기후변화 등에 따라 수요특성은 끊임없이 변하고 있어 향후에는 기존의 통계 분류 방식에 의한 연구 자체가 부적절 할 수도 있다. 따라서 수요와 에너지효율에 영향을 미치는 적절한 요인을 찾기 위한 연구가 향후에도 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

<신문·기타자료·관련기관 사이트>

국가법령정보센터 www.law.go.kr/

국가에너지통계종합정보시스템 www.kesis.net/

매일경제(2019.6.30), “에너지 낭비국으로 분류되는 한국...에너지 이용효율 OECD 최하위권” ,

www.mk.co.kr/news/business/view/2019/06/470407/#reple

산업통상자원부(2019), 『제3차 에너지기본계획』

산업통상자원부 www.motie.go.kr

에너지경제연구원(2019), 『2019 에너지통계연보』

에너지경제연구원 www.keei.re.kr

에너지관리공단(2011.8), 『2011년 에너지기후변화 편람』

지식경제부(2012.12), 『중장기 부문별 에너지 효율정책 추진전략 연구 최종보고서』

한국가스공사 www.kogas.or.kr

한국은행 경제통계시스템 <http://ecos.bok.or.kr/>

IPCC(2007), 『Climate change 2007』, IPCC Fourth Assessment Report, IPCC

<논문 및 단행본>

강만옥·이상엽(2013), “자원 환경위기 시대에 대비한 에너지가격 개편 추진전략 연구Ⅱ”, 『연구보고서』, 2013-08, 한국환경정책평가연구원

김구환(2016), “에너지가격 변동에 따른 전기수요 영향”, 서울대학교 행정대학원 석사학위논문

김권수·박채수(2009), “도시가스 요금, 등유 가격 변동이 전력수요에 미치는 영향 연구”, 『2009년도 추계 학술대회 논문집』, 대한전기학회 전력기술부문회, p.208-210

김영덕(2017), “전력수요가 발전연료 수요에 미치는 영향에 대한 실증분석”,

- 『에너지경제연구』, 제16권 제2호, p.57-88
- 김완수(2012), “전력수요에의 난방용 에너지 상대가격 반영에 관한 연구”, 연세대학교 경제대학원 석사학위논문
- 김인무·김창식·박성근(2011), “에너지 상대가격 변화에 따른 에너지 수요 예측”, 『경제학연구』, 제59집 제4호, p.199-228
- 김현경(2015), “에너지 빈곤의 실태와 정책적 함의”, 『보건·복지 ISSUE & FOCUS』, 제281호, 한국보건사회연구원
- 박광수(2011), “에너지 가격체계 현안 및 개선방향”, 『에너지경제연구』, 제10권 제2호, p.111-142
- 박광수(2012), “에너지소비에 대한 기온변화의 영향분석”, 『기본연구 보고서』, 12-12, 에너지경제연구원
- 박광수·최도영(2006), “가정 상업부문의 에너지원간 대체관계 분석”, 『수시연구보고서』, 06-07, 에너지경제연구원
- 박창수·나인강(2004), “한국 제조업부문의 연료용 에너지원간의 대체성 분석”, 『자원·환경경제연구』, 제3권 제4호, p.593-619
- 박희천(2001), “에너지 다소비 업종의 에너지효율 향상 평가”, 『경상논총』, 제24권, p.63-86
- 백흥기·안중기(2013), “에너지 수급 불균형 해소를 위한 생산 효율성 제고 방안”, 『경제주평』, 13-49 통권 566호, 현대경제연구원
- 심동희·김길복(2019), “공공요금 적정성을 위한 원가 진단과 개선방안”, 『정부회계연구』, 제17권 1호, p.1-37
- 안현호(2019), “에너지 전환과 EERS : 수요관리의 전략”, 『경제발전연구』, 제25권 제2호, 한국경제발전학회, p.79-96
- 이성근·이성인(2008), “국가 에너지절약 및 효율향상 추진체계 개선방안 연구 : 가정·상업부문의 에너지효율 평가”, 『기본연구보고서』, 08-10, 에너지경제연구원
- 이준구(2019), 『미시경제학』, 제7판, 문우사
- 이학노·한진현·이명훈(2010), “전력피크의 추정 및 예측에 대한 연구”, 『에너지경제』, 제9권 제2호, p.83-99

- 이호용(2009), “공공요금의 규제와 한계에 관한 법정정책적 연구”, 『부산대학교 법학연구』, 제50권 제2호, p.173-202
- 임두순(2014), “전기·가스 상대가격이 도시가스 용도별 수요에 미치는 영향 연구”, 서울대학교 행정대학원 석사학위논문
- 장우석(2018), “에너지전환 정책의 실효성 제고 방안 : 환경비용·편익을 반영한 시뮬레이션 분석”, 『VIP리포트』, 18-12 통권 727호, 현대경제연구원
- 전주열(2012), “상장공기업의 공공요금결정과정에 관한 연구”, 서울대학교 행정대학원 석사학위논문
- 정용훈(2012), “에너지효율향상에 영향을 미치는 요인에 대한 기업별 회귀분석과 정책적 시사점 : 우리나라 제조업 통계조사”, 『기본연구보고서』, 12-16, 에너지경제연구원
- 정한경(2011), “에너지이용효율을 촉진하는 에너지요금의 설계”, 『녹색성장 종합연구 총서』, 11-02-28, 경제·인문사회연구회
- 정한경·박광수(2010), “시장친화형 에너지 가격체계 구축 종합연구”, 『에너지경제연구원 연구보고서』, 에너지경제연구원
- 정한경·박광수·최도영·김수일(2007), “에너지가격정책 및 규제체계 개선 연구”, 『기본연구보고서』, 에너지경제연구원
- 진상현(2008), “에너지 효율개선 정책의 딜레마 : 시장의 실패, 정부의 실패 그리고 반등효과”, 『환경논총』, 제47권, p.125-139
- 최성식(1994), “공기업의 가격규제 정책에 관한 연구 : 우리나라 전력 요금의 규제정책을 중심으로”, 서울대학교 행정대학원 석사학위논문
- 최충식(2012), “네트워크 에너지요금 규제가 수요에 미치는 영향 분석”, 서울대학교 행정대학원 석사학위논문
- Birol, Fatih and Jan Hors Keppler(2000), “Prices, technology development and the rebound effect”, Energy Policy, Vol. 28, p.457-469
- Clinch, J. Peter and Healy, Jonh D.(2000), “Domestic energy efficiency in Ireland : correcting market failure”, Energy Policy, Vol. 28 p.1-8

Abstract

An Analysis of the Effect of Electricity Price Policy on Energy Efficiency

- The Substitution Effect of Electricity on the Demand for City Gas -

Park, Su-Yon

Department of Public Enterprise Policy
The Graduate School of Public Administration
Seoul National University

Energy efficiency is a very important policy task in Korea in light of the fact that Korea relies heavily on imports for the vast majority of its energy needs. However, Korea's energy efficiency remains at the bottom of the list of the OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) countries. Despite the government's diverse efforts to save energy and improve energy efficiency, the progress is rather slow and the energy consumption rate or Energy Intensity, which is the leading indicator of the energy efficiency, has come to a standstill or even become worse.

The energy conversion loss is unavoidable in the process of using energy. When the primary energy such as coal, oil and gas is converted into the final energy or electricity, only 40% of such primary energy resources are converted into electricity, which in turn could mean that almost 95% of a total energy loss of a country derives from

such electrification process. The higher the electrification, the lower the energy efficiency becomes, so to speak.

The electricity demand in Korea has been rapidly growing with an average annual growth rate of approximately 4.5 percent from 2000 to 2018. Such a demand hike is due notably to convenience in use, affordable home appliances and lifestyle change.

That aside, the electricity price is also one of the contributing factors to increase the power demand. The government has adopted a policy of low electricity tariff in order to stabilize the price and maintain the competitive edge of its industries.

Such a low tariff policy has prompted the electricity consumption by virtue of forcing other alternative fuels switching to produce more electricity. Such status quo of fuel switching is particularly pronounced in the city gas, relative to electricity.

The rise in electricity consumption coupled with the low energy conversion efficiency not only requires more fuel import from overseas to produce power but it also leads to massive infrastructure building both for the primary energy supply systems and the additional power facilities. Overall, this amounts to a nationwide loss, let alone the redundancy and inefficiency arising out of indiscriminate facility investments.

As such, this study seeks to address the question “Does the relatively lower electricity price indeed aggravate the national energy efficiency?” The study is also willing to verify, on an empirical basis, whether or not the correlation of the prices between electricity and gas has affected the national energy efficiency via demand substitution.

For such verification, gas and electricity relative prices and energy conversion efficiency (final energy consumption/primary energy supply) were set as independent and dependent variables respectively, and a regression analysis was conducted using 192 monthly time series data

from January 2003 to December 2018. Monthly dummy variables were used to reflect the characteristics of energy demand that had a significant effect on temperature, and analysis was conducted for each purpose to reflect the characteristics of demand-by-use.

According to the analysis, the relative price of gas and electricity for all purposes of housing, general and industrial use has had a significant impact on energy conversion efficiency, which corroborated the hypothesis that the electricity price policy is likely to affect the national energy efficiency. In other words, just as the hypothesis that as the relative price of gas and electricity increases, the energy conversion efficiency decreases, the study shows that the relative prices of gas and electricity and energy conversion efficiency have a negative correlation.

The above empirical analysis attests to a fact that the energy efficiency could be affected by the electricity price policy, which implies that it could be feasible that the energy efficiency improves through the policy measures of regulating electricity price, in addition to the existing traditional methods such as improving energy facilities efficiency and saving energy to improve the national energy efficiency. Hence, when regulating the electricity price, the government should factor into account the demand switch among different energy sources from the perspective of managing the energy supply and demand. As well as it also needs to consider the energy conversion efficiency during the electrification process in a manner to enhance the national energy efficiency.

Key words : Electricity Price Policy, Relative Prices (gas/electricity),
Electricity Consumption, Energy Conversion Efficiency

Student Number : 2019-22754